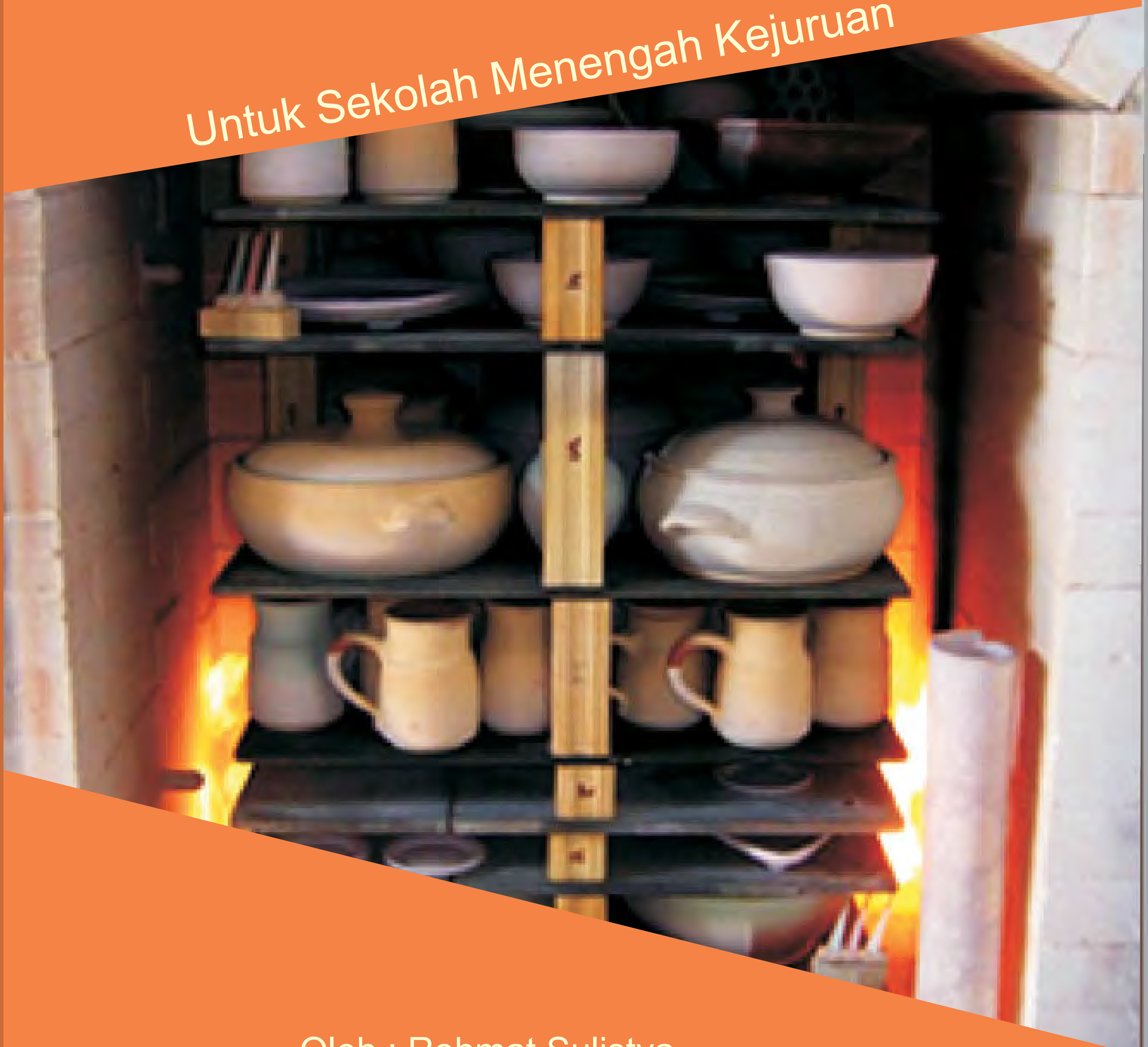
PEMBAKARAN BENDA KERAMIK

Semester I

Untuk Sekolah Menengah Kejuruan



Oleh : Rohmat Sulistya

Untuk SMK PEMBAKARAN BENDA KERAMIK Semester I
Oleh : Rohmat Sulistya/Taufiq Eko Yanto

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan kekuatan, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dapat menyelesaikan penulisan modul dengan baik.

Modul ini merupakan bahan acuan dalam kegiatan belajar mengajar peserta didik pada Sekolah Menengah Kejuruan bidang Seni dan Budaya (SMK-SB). Modul ini akan digunakan peserta didik SMK-SB sebagai pegangan dalam proses belajar mengajar sesuai kompetensi. Modul disusun berdasarkan kurikulum 2013 dengan tujuan agar peserta didik dapat memiliki pengetahuan, sikap, dan keterampilan di bidang Seni dan Budaya melalui pembelajaran secara mandiri.

Proses pembelajaran modul ini menggunakan ilmu pengetahuan sebagai penggerak pembelajaran, dan menuntun peserta didik untuk mencari tahu bukan diberitahu. Pada proses pembelajaran menekankan kemampuan berbahasa sebagai alat komunikasi, pembawa pengetahuan, berpikir logis, sistematis, kreatif, mengukur tingkat berpikir peserta didik, dan memungkinkan peserta didik untuk belajar yang relevan sesuai kompetensi inti (KI) dan kompetensi dasar (KD) pada program studi keahlian terkait. Disamping itu, melalui pembelajaran pada modul ini, kemampuan peserta didik SMK-SB dapat diukur melalui penyelesaian tugas, latihan, dan evaluasi.

Modul ini diharapkan dapat dijadikan pegangan bagi peserta didik SMK-SB dalam meningkatkan kompetensi keahlian.

Jakarta,   Desember 2013

Direktur Pembinaan SMK

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

GLOSARIUM

***Biscuit/bisque/*biscuit** : Benda keramik hasil proses pembakaran pertama kali dengan suhu antara 800°C–900°C. Proses ini dimaksudkan untuk memperkeras badan keramik tetapi tidak mematangkan badan keramik agar dapat diglasir. Biskuit merupakan keramik yang dihasilkan tetapi belum cukup keras/kuat, porositas (daya serap terhadap air) masih tinggi.

Ceramic change : Perubahan tanah liat menjadi suatu mineral yang padat, keras dan permanen (tidak dapat berubah lagi), tidak dapat larut oleh air setelah melalui proses pembakaran melebihi 600°C.

Cone : benda kecil berbentuk piramid/kerucut yang digunakan untuk menandai apakah keramik yang dibakar sudah matang. Pada saat suhu bakaran tercapai, *cone* akan melengkung. *Cone* ini terbuat dari material keramik terolah seperti kaolin, kuarsa, *feldspar*.

Firing : Proses pembakaran benda keramik hingga mencapai suhu kematangan (virtifikasi) pada temperatur tertentu sesuai jenis tanah liatnya.

Kapsel (saggars) : Benda yang terbuat dari bahan tahan api membentuk ruangan tungku, yang di sekelilingnya gas panas lewat dari kotak api menuju tungku, digunakan untuk menempatkan benda yang akan dibakar dalam tungku. Tujuannya untuk melindungi benda dari panas/lidah api langsung dan kotoran pembakaran yang timbul.

***Kiln* (tungku)** : Suatu tempat/ruangan yang dipergunakan untuk membakar benda-benda keramik yang terbuat dari batu bata tahan api yang dapat dipanaskan dengan bahan bakar atau listrik.

Kiln furniture : Perlengkapan tungku yang dibuat dari bahan-bahan refraktoris yang tahan terhadap pengaruh *spalling* (tahan terhadap beban mekanis dalam keadaan panas), tahan terhadap leburan untuk puluhan siklus pemakaian, seperti: plat, penyangga, *stilt*, dan lain-lain.

Kiln wash : Lapisan pelindung dari bahan tahan api (*refractory*) yang dilapiskan pada permukaan plat, untuk mencegah kelebihan/lelehan glasir dalam pembakaran glasir agar benda-benda yang diglasir tidak menempel pada plat. *Kiln wash* dibuat dari campuran kaolin dan kuarsa dengan perbandingan 1 : 1.

Oxidation/oxidizing firing	:	Proses pembakaran benda keramik yang dilakukan dengan kondisi cukup oksigen.
Pancang suhu/ pancang *seger/cone*	:	Alat pengukur suhu pembakaran berdasarkan kode nomor yang menunjukkan titik lebur bahan tersebut.
Reduksi, bakar reduksi	:	Kondisi atmosfir dalam tungku pada proses pembakaran ketika oksigen tidak mencukupi; pembakaran dengan oksigen terbatas (tidak cukup oksigen)
Refraktori	:	Kualitas daya tahan terhadap pengaruh temperatur yang tinggi, juga bahan-bahan yang memiliki aluminium dan silika yang tinggi digunakan untuk membuat penyekat tungku, *muffel*/kapsel dan *kiln furniture*
Soaking	:	Menahan suhu pembakaran agar berada pada suhu tetap selama beberapa waktu ketika suhu matang telah dicapai. Tujuannya adalah untuk meratakan meratakan dalam tungku.
Single firing	:	Proses pembakaran badan benda keramik dan glasir yang dilakukan secara bersamaan; glasir tersebut diterapkan pada badan benda keramik dalam kondisi masih mentah (*greenware*).
Thermocoupel-pirometer	:	Alat yang dibuat dari dua jenis kawat dengan kedua ujungnya dilebur dan disatukan, dipasang dalam ruang bakar tungku untuk mendeteksi dan menyalurkan suhu panas dari dalam tungku ke indikator *pirometer* untuk mengukur suhu dalam tungku pembakaran.
Vitrifikasi	:	Kondisi badan benda keramik yang telah mencapai suhu kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk.

DESKRIPSI MODUL

Modul ini berisi materi pembelajaran Pembakaran Benda Keramik untuk SMK Program Keahlian Kriya Keramik kelas XI semester 1. Modul berisi 6 unit pembelajaran yaitu Sejarah Pembakaran, Fenomena Selama Pembakaran, Tungku dan Perlengkapannya, Penyusunan dan Pembongkaran Benda dalam Tungku, Pengoperasian Tungku Pembakaran, Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Penerapan pembelajaran dengan pendekatan saintifik sesuai kurikulum 2013 ditekankan pada modul ini agar siswa memiliki sikap yang baik melalui pembelajaran ini, kuat dalam pemahaman pengetahuan dengan mencari lebih dulu informasi dan data melalui kegiatan mengamati, menanya, mencoba, mendiskusikan, dan menyajikan, dan kompeten dalam penguasaan keterampilan.

CARA MENGGUNAKAN MODUL

Untuk menggunakan Modul Pembakaran Benda Keramik 2 ini perlu diperhatikan:

1. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar yang ada di dalam kurikulum
2. Materi dan sub-sub materi pembelajaran yang tertuang di dalam silabus
3. Langkah-langkah pembelajaran atau kegiatan belajar selaras model saintifik

Langkah-langkah penggunaan modul:

1. Perhatikan dan pahami peta modul dan daftar isi sebagai petunjuk sebaran materi bahasan
2. Modul dapat dibaca secara keseluruhan dari awal sampai akhir tetapi juga bisa dibaca sesuai dengan pokok bahasannya
3. Modul dipelajari sesuai dengan proses dan langkah pembelajarannya di kelas
4. Bacalah dengan baik dan teliti materi tulis dan gambar yang ada di dalamnya.
5. Tandailah bagian yang dianggap penting dalam pembelajaran dengan menyelipkan pembatas buku. Jangan menulis atau mencoret-coret modul
6. Kerjakan latihan-latihan yang ada dalam unit pembelajaran

Tulislah tanggapan atau refleksi setiap selesai mempelajari satu unit pembelajaran.

KOMPETENSI INTI DAN KOMPTENSI DASAR MATA PELAJARAN PEMBAKARAN BENDA KERAMIK

1. Pengertian

Mata pelajaran Pembakaran Benda Keramik mempelajari tentang pengetahuan tungku pembakaran dan pembakaran benda keramik dalam pembelajaran desain dan produksi kriya keramik.

2. Rasional

a. Hubungan dengan Pencipta

Meyakini anugerah Tuhan pada pembakaran benda keramik dalam Program Keahlian Desain dan Produksi Kriya sebagai amanat untuk kesejahteraan dan kelangsungan hidup umat manusia.

b. Hubungan dengan Sesama Manusia

1). Menghayati sikap cermat, teliti dan tanggungjawab sebagai hasil dari pembelajaran indentifikasi pembakaran benda keramik yang digunakan dalam berkarya desain dan produksi kriya keramik.

2). Menghayati pentingnya pembakaran benda keramik dalam berkarya desain dan produksi kriya keramik sebagai hasil pembelajaran tentang pembakaran benda keramik.

3). Menghayati pentingnya bersikap jujur, disiplin serta bertanggung jawab sebagai hasil dari pembelajaran pembakaran benda keramik.

c. Hubungan dengan Lingkungan Alam

Menghayati pentingnya kepedulian dalam menjaga lingkungan serta penggunaan bahan yang ramah lingkungan sebagai hasil dari pembelajaran pembakaran benda keramik.

3. Tujuan

Mata pelajaran Pembakaran Benda Keramik bertujuan untuk membentuk karakteristik siswa dalam mensyukuri nikmat Tuhan, dengan memahami pembakaran benda keramik dan mampu mengelolanya untuk pengembangan pribadi secara berkesinambungan serta kelestarian lingkungan hidup.

4. Ruang Lingkup Materi

a. Tungku pembakaran, yang meliputi: klasifikasi dan perlengkapan tungku
b. Pembakaran benda keramik, yang meliputi: perubahan keramik, tahap pembakaran keramik biskuit dan glasir, grafik pembakaran dan problem pembakaran serta cara mengatasinya
c. Praktik pembakaran benda keramik, yang meliputi: pembakaran dengan tungku listrik dan tungku gas.

5. Prinsip-prinsip Belajar, Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran merupakan proses ilmiah. Karena itu Kurikulum 2013 mengamanatkan esensi pendekatan ilmiah dalam pembelajaran. Pendekatan ilmiah diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik.

Pendekatan (*scientific)* merupakan konsep belajar yang membantu guru mengaitkan antara materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa dan mendorong siswa membuat hubungan antara pengetahuan yang dimilikinya dengan penerapannya dalam kehidupan mereka sebagai anggota keluarga dan masyarakat. Dengan konsep itu, hasil pembelajaran diharapkan lebih bermakna bagi siswa. Proses pembelajaran berlansung alamiah dalam bentuk kegiatan siswa bekerja dan mengalami, bukan mentransfer pengetahuan dari guru ke siswa. Strategi pembelajaran lebih dipentingkan sehingga akan memperoleh hasil yang diinginkan.

Kurikulum 2013 menekankan pada dimensi pedagogik modern dalam pembelajaran, yaitu menggunakan pendekatan ilmiah. Pendekatan ilmiah (*scientific appoach*) dalam pembelajaran sebagaimana dimaksud meliputi **mengamati, menanya, mencoba, mengolah, menyajikan, menyimpulkan, dan mencipta** untuk semua mata pelajaran. Untuk mata pelajaran, materi, atau situasi tertentu, sangat mungkin pendekatan ilmiah ini tidak selalu tepat diaplikasikan secara prosedural. Pada kondisi seperti ini, tentu saja proses pembelajaran harus tetap menerapkan nilai-nilai atau sifat-sifat ilmiah dan menghindari nilai-nilai atau sifat-sifat non ilmiah.

Proses pembelajaran tersebut diatas merupakan ciri dari pendekatan *scientific*. Belajar tidak hanya terjadi di ruang kelas, tetapi juga di lingkungan sekolah dan masyarakat, guru bukan satu-satunya sumber belajar. Sikap tidak hanya diajarkan secara verbal, tetapi melalui contoh dan teladan.

Assesmen

Asesmen otentik meniscayakan proses belajar yang otentik pula. Menurut Ormiston belajar otentik mencerminkan tugas dan pemecahan masalah yang dilakukan oleh peserta didik dikaitkan dengan realitas di luar sekolah atau kehidupan pada umumnya. Asesmen semacam ini cenderung berfokus pada tugas-tugas kompleks atau kontekstual bagi peserta didik yang memungkinkan mereka secara nyata menunjukkan kompetensi atau keterampilan yang dimilikinya. Contoh asesmen otentik antara lain keterampilan kerja, kemampuan mengaplikasikan atau menunjukkan perolehan pengetahuan tertentu, simulasi dan bermain peran, portofolio, memilih kegiatan yang strategis, serta memamerkan dan menampilkan sesuatu.

Asesmen otentik mengharuskan pembelajaran yang otentik pula. Menurut Ormiston belajar otentik mencerminkan tugas dan pemecahan masalah yang diperlukan dalam kenyataannya di luar sekolah. Assesmen otentik terdiri dari berbagai teknik penilaian. *Pertama*, pengukuran langsung keterampilan peserta didik yang berhubungan dengan hasil jangka panjang pendidikan seperti kesuksesan di tempat kerja. *Kedua*, penilaian atas tugas-tugas yang memerlukan keterlibatan yang luas dan kinerja yang kompleks. *Ketiga*, analisis proses yang digunakan untuk menghasilkan respon peserta didik atas perolehan sikap, keterampilan, dan pengetahuan yang ada.

Dengan demikian, assesmen otentik akan bermakna bagi guru untuk menentukan cara-cara terbaik agar semua siswa dapat mencapai hasil akhir, meski dengan satuan waktu yang berbeda. Konstruksi sikap, keterampilan, dan pengetahuan dicapai melalui penyelesaian tugas di mana peserta didik telah memainkan peran aktif dan kreatif. Keterlibatan peserta didik dalam melaksanakan tugas sangat bermakna bagi perkembangan pribadi mereka.

Dalam pembelajaran otentik, peserta didik diminta mengumpulkan informasi dengan pendekatan saintifik, memahami aneka fenomena atau gejala dan hubungannya satu sama lain secara mendalam, serta mengaitkan apa yang dipelajari dengan dunia nyata yang ada di luar sekolah. Di sini, guru dan peserta didik memiliki tanggung jawab atas apa yang terjadi. Peserta didik pun tahu apa yang mereka ingin pelajari, memiliki parameter waktu yang fleksibel, dan bertanggungjawab untuk tetap pada tugas. Asesmen otentik pun mendorong peserta didik mengkonstruksi, mengorganisasikan, menganalisis, mensintesis, menafsirkan, menjelaskan, dan mengevaluasi informasi untuk kemudian mengubahnya menjadi pengetahuan baru.

Sejalan dengan deskripsi di atas, pada pembelajaran otentik, guru harus menjadi "guru otentik." Peran guru bukan hanya pada proses pembelajaran, melainkan juga pada penilaian. Untuk bisa melaksanakan pembelajaran otentik, guru harus memenuhi kriteria tertentu seperti disajikan berikut ini.

1. Mengetahui bagaimana menilai kekuatan dan kelemahan peserta didik serta desain pembelajaran.
2. Mengetahui bagaimana cara membimbing peserta didik untuk mengembangkan pengetahuan mereka sebelumnya dengan cara mengajukan pertanyaan dan menyediakan sumberdaya memadai bagi peserta didik untuk melakukan akuisisi pengetahuan.
3. Menjadi pengasuh proses pembelajaran, melihat informasi baru, dan mengasimilasikan pemahaman peserta didik.
4. Menjadi kreatif tentang bagaimana proses belajar peserta didik dapat diperluas dengan menimba pengalaman dari dunia di luar tembok sekolah.

Teknik penilaian otentik atau *authentic assessment* yang digunakan harus disesuaikan dengan karakteristik indikator, kompetensi inti dan kompetensi dasar yang diajarkan oleh guru. Tidak menutup kemungkinan bahwa satu indikator dapat diukur dengan beberapa teknik penilaian, hal ini karena memuat domain, afektif, psikomotor dan kognitif. Penilaian autentik lebih sering dinyatakan sebagai penilaian berbasis kinerja (*performance based assessment*). Sementara itu dalam buku Mueller (2006) penilaian otentik disamakan saja dengan nama penilaian alternatif (*alternative assessment*) atau penilaian kinerja (*performance assessment*). Selain itu Mueller memperkenalkan istilah lain sebagai padanan nama penilaian otentik, yaitu penilaian langsung (*direct assessment*).

Nama *performance assessment* atau *performance based assessment* digunakan karena siswa diminta untuk menampilkan tugas-tugas (*tasks*) yang bermakna.

Sesuai dengan ciri penilaian otentik adalah:

- Memandang penilaian dan pembelajaran secara terpadu
- Mencerminkan masalah dunia nyata bukan hanya dunia sekolah
- Menggunakan berbagai cara dan kriteria
- Holistik (kompetensi utuh merefleksikan sikap, keterampilan, dan pengetahuan,

Penerapan penilaian mata pelajaran pembakaran benda keramik yang merujuk pada penilaian otentik dapat menggunakan jenis penilaian dengan menganalisa materi pembelajaran sebagai berikut:

- Apabila tuntutan indikator **melakukan sesuatu**, maka teknik penilaiannya adalah **unjuk kerja** (*performance*).
- Apabila tuntutan indikator berkaitan dengan **pemahaman konsep**, maka teknik penilaiannya adalah **tes tertulis atau lisan**.
- Apabila tuntutan indikator memuat unsur **penyelidikan**, maka teknik penilaiannya adalah **proyek**.

6. Kompetensi

KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)/
MADRASAH ALIYAH KEJURUAN (MAK)

Bidang keahlian : Seni Rupa dan Kriya
Program keahlian : Desain dan Produksi Kriya
Paket Keahlian : Desain dan Produksi Kriya Keramik
Mata Pelajaran : Pembakaran Benda Keramik

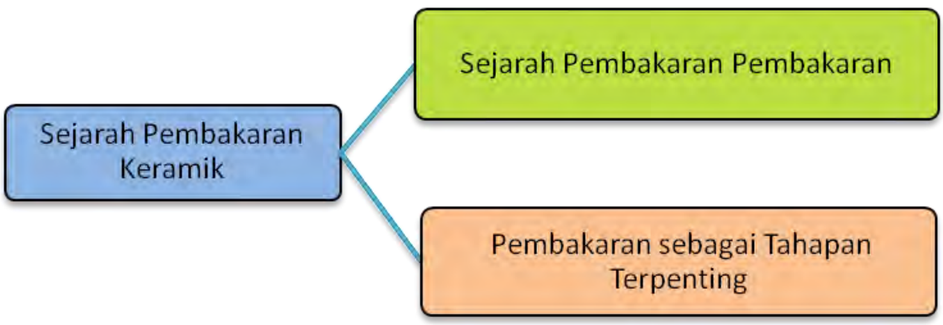
KELAS: XI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Menghayati mata pelajaran pembakaran benda keramik sebagai sarana untuk kesejahteraan dan kelangsungan hidup umat manusia.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2.1 Menunjukkan sikap cermat, teliti dan tanggungjawab dalam mengindentifikasi kebutuhan alat, bahan, dan produk keramik dalam pembakaran benda keramik 2.2 Menunjukkan sikap disiplin dan tanggungjawab dalam mengikuti langkah-langkah kerja sesuai prosedur 2.3 Menunjukkan sikap peduli, responsif, dan proaktif dalam penerapan prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja sesuai SOP 2.4 Menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan melalui kegiatan yang berhubungan dengan pembakaran benda keramik dan penanganan limbah

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Menjelaskan tungku pembakaran berdasarkan klasifikasinya. 3.2 Mengidentifikasi perlengkapan tungku dan fungsinya, 3.3 Menjelaskan perubahan keramik yang terjadi pada pembakaran 3.4 Menjelasakan tahap-tahap pembakaran biskuit 3.5 Menjelaskan problem pembakaran benda keramik dan cara mengatasinya 3.6 Menjelaskan penyusunan dan pembongkaran benda keramik dalam tungku pembakaran 3.7 Menjelaskan pembakaran benda keramik biskuit
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Menyiapkan tungku dan perlengkapannya untuk pembakaran keramik 4.2 Menyusun dan membongkar benda keramik dalam tungku pembakaran 4.3 Membakar biskuit dengan tungku listrik 4.4 Membakar biskuit dengan tungku gas 4.5 Membuat grafik pembakaran biskuit 4.6 Menerapkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja sesuai SOP

UNIT 1. SEJARAH PEMBAKARAN KERAMIK

A. Ruang Lingkup



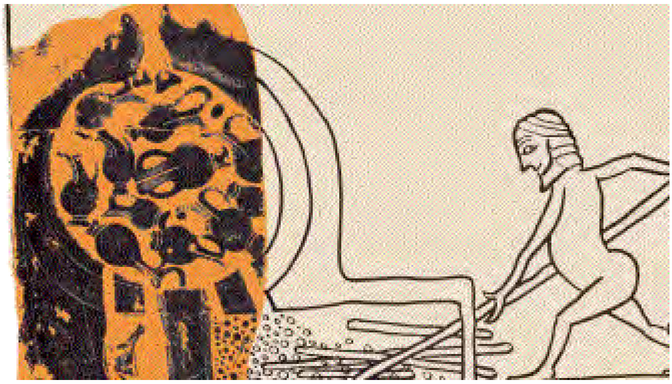
B. Tujuan

1. Menjelaskan dengan cermat dan teliti sejarah pembakaran keramik, yang meliputi sejarah penemuan api, tungku primitif, dan pembakaran modern.
2. Menjelaskan dengan cermat dan teliti pembakaran sebagai tahap terpenting dalam proses pembuatan benda keramik.

C. Kegiatan belajar

1. Mengamati

a. Mempelajari sejarah penting bagi kita. Pembakaran keramik juga memiliki dan mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Keramik adalah peradaban tertua, demikian juga proses pembakarannya. Hingga saat ini masih kita temui tungku-tungku keramik tradisional. Untuk memulai pengenalan pembakaran keramik, amatilah ilustrasi metode pembakaran kuno dan benda keramik kuno berikut:



Gambar 1. Metode pembakaran kuno
(Sumber: ceramicstudies.co.uk)



Gambar 2. Benda keramik kuno
(Sumber: ceramicstudies.co.uk)

Apakah yang dapat Anda ceritakan berkaitan dengan gambar tersebut? Tulislah hasilnya pada lembar pengamatan berikut ini.

Lembar pengamatan 1

No	Gambar	Uraian
1	Gambar 1	
2	Gambar 2	

b. Sekarang Anda diajak untuk menonton video tentang sejarah penemuan api, sejarah pembakaran keramik pada awal-awal peradaban, dan pembakaran tradisional. Simak dan catatlah hal-hal penting yang terkait dengan video tersebut, terutama tentang bagaimana api dibuat, proses pembakaran keramik/tembikar dan lain-lain.
Sumber-sumber video yang disarankan untuk Anda ditonton:
Primitive pottery: http://www.youtube.com/watch?v=9biM0ZRqri4
Penemuan api: http://www.youtube.com/watch?v=Ygpzm0S_rPQ

Lembar pengamatan video

Judul Video	
Penemuan api	
Pembakaran primitif	
Pembakaran tradisional saat ini	

2. Menanya

Setelah mengamati gambar dan video pada aktivitas sebelumnya, tanyakan beberapa hal yang terkait sejarah pembakaran keramik di daerah Anda. Anda dapat berbincang-bincang dengan pembuat batu bata, genting, atau kerajinan keramik, atau mungkin dengan seseorang yang ahli di bidang gerabah/keramik di sekitar tempat tinggal Anda. Cobalah ajukan beberapa pertanyaan seperti contoh berikut.

a. Tanyakanlah kepada perajin gerabah/keramik di daerah Anda tinggal mengenai sejak kapan mereka memulai cara membakar dengan cara itu!
b. Tanyakanlah mengapa mereka menggunakan cara pembakaran tersebut. Tanyakan juga apa keunggulannya dan kelemahannya.
c. Catatlah hasil wawancara Anda dalam lembar hasil wawancara seperti contoh berikut.

Lembar hasil wawancara 1

Lokasi kerajinan keramik	
Sejarah pembakaran di daerah tersebut	
Keunggulan dan kelemahan membakar dengan cara tersebut	
…….	

3. Mengumpulkan data/mencoba/bereksperimen

Setelah mencari informasi dari pengamatan dan bertanya pada orang yang mengerti keramik, tentunya ada sumber lain yang sangat penting untuk lebih melengkapi informasi yang Anda dapatkan, yaitu buku, internet, dan pengalaman pribadi berkaitan dengan sejarah pembakaran keramik. Galilah informasi yang lebih dalam melalui buku referensi, internet, pengalaman pribadi sebagaimana yang diminta berikut ini.

a. Carilah informasi dari perpustakaan dan internet tentang sejarah pembakaran keramik pada masa lampau.
b. Carilah informasi dari berbagai sumber bagaimana cara pembakaran produk-produk keramik secara tradisional di Indonesia.

Lembar penelusuran sumber belajar

No	Informasi	Uraian
1	Penemuan api	
2	Sejarah pembakaran	
3	Pembakaran keramik secara tradisional di Indonesia	
4	…….	

4. Mengasosiasikan/mendiskusikan

Informasi yang diperoleh dari kegiatan-kegiatan di atas sudah cukup lengkap. Agar informasi yang didapatkan semakin akurat, diskusikan data-data yang Anda peroleh dengan teman satu kelompok dan rangkum hasil diskusi tersebut.

a. Diskusikan dengan teman dalam sebuah kelompok kecil tentang hasil penelusuran informasi sejarah pembakaran keramik dari buku, internet.
b. Tulislah hasil diskusi kelompok Anda tersebut dalam jurnal/buku!

5. Mengkomunikasikan/menyajikan/membentuk jaringan

Berbagi informasi dapat membuat apa yang kita ketahui bermanfaat pada orang lain. Ayo paparkan data-data yang Anda peroleh di depan teman-teman, kemudian paparkan juga kepada masyarakat banyak melalui *blog*-mu!

a. Kumpulkan hasil pengamatan, hasil menanya, hasil penelusuran informasi, maupun hasil diskusi di depan kelas menjadi tulisan atau kumpulan informasi yang sistematis.
b. Paparkanlah hasil pengamatan, hasil menanya, hasil penelusuran informasi, maupun hasil diskusi di depan kelas tentang:

- Sejarah pembakaran
- Pembakaran tradisional di Indonesia

c. Bagilah informasi yang telah Anda dapatkan kepada orang lain melalui media sosial maupun *blog* pribadimu!

D. Penyajian Materi

1. Sejarah Pembakaran Keramik

Masalah yang harus dipecahkan manusia dalam kehidupan sehari-hari pada masa lampau adalah perlunya wadah untuk menyimpan bahan makanan dan air. Hal ini terjadi ketika kebutuhan akan bahan makanan dan minuman semakin banyak. Pada masa itu wadah yang digunakan manusia adalah keranjang, padahal keranjang adalah wadah yang tidak kedap air dan tidak dapat menjaga bahan makanan dari hama-hama. Oleh karena itu, wadah yang padat dan kedap air dibutuhkan oleh manusia.



Gambar 3. Kehidupan suku primitif yang mengandalkan alam
(Sumber: http://www.chemistryland.com/)

a. Penemuan api.

Penemuan api merupakan lompatan sangat besar pada sejarah peradaban manusia. Api sangat berguna untuk menghangatkan badan, melunakkan makanan, menjadikan makanan aman untuk dimakan, menjauhkan pemangsa, dan mengubah bahan-bahan ketika dikenai api. Sebelum ditemukannya api, manusia meramu (mengumpulkan bahan-bahan makanan) untuk kemudian dimakan dalam keadaan mentah. Dengan ditemukannya api, manusia mulai memasak bahan makanannya.



Gambar 4. Orang jaman primitif memerlukan wadah yang kedap air dan aman dari hama.

(Sumber: http://www.chemistryland.com/)

Lebih dari itu, manusia mulai menciptakan peralatan-peralatan sehari-hari dari tanah yang dibakar. Mereka melemparkan tanah/lumpur ke dalam api; sehingga lama-lama terciptalah wadah dari tanah. Mereka mengenal tanah liat dari pengamatan mereka terhadap permukaan tanah yang retak saat musim kering. Tanah liat bersifat menyerap tanah, membuatnya liat/plastis dan menyusut saat kering. Pembakaran tanah atau lumpur yang menjadi awal dari suatu tahapan penting yang disebut 'perubahan keramik' (*ceramics change*), yaitu melalui suatu reaksi pembakaran.



Gambar 5. Penemuan api adalah loncatan besar dalam peradaban manusia
(Sumber: http://www.chemistryland.com/)

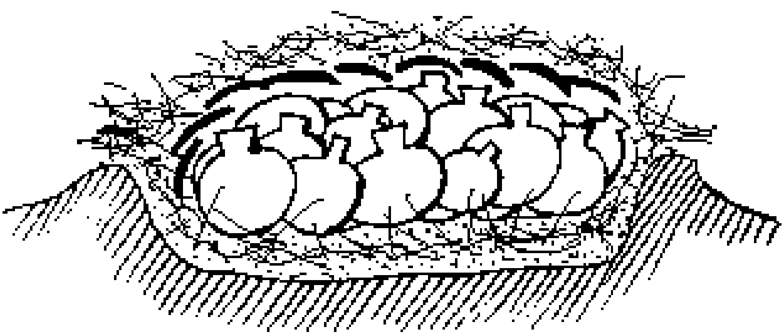
Sejak saat itu orang mulai suka melemparkan apa saja ke dalam api. Perilaku ini merupakan bentuk kekaguman manusia pada masa itu terhadap api. Setelah mereka mengenal api mereka mulai melemparkan sesuatu ke perapian. Dengan jalan ini mereka kemudian mengenal proses memasak, yaitu memasak bahan-bahan mentah dengan perapian. Setelah itu mereka juga menemukan fenomena bahwa lumpur yang mereka lemparkan ke dalam api ternyata menjadi keras. Kejadian ini menjadi awal terciptanya benda-benda atau wadah-wadah yang terbuat dari tanah liat dengan bantuan api. Ketika tanah liat dikenai api, maka perubahan kimia akan terjadi, yaitu tanah liat basah menjadi keras dan mempertahankan bentuknya, yaitu tetap pada bentuknya meskipun terkena air. Dengan hasil tersebut, maka sekarang manusia dapat menyimpan bahan makanannya. Meskipun cuaca basah, hal itu akan menghancurkan wadah tersebut. Dengan menambahkan tutup yang baik, maka hama tidak akan masuk untuk merusak bahan makanan yang disimpan dalam wadah tersebut.

b. Tungku Primitif



Gambar 6. Ilustrasi pembakaran keramik pada jaman Mesir Kuno
(Sumber: ceramicstudies.co.uk)

Ketika kegiatan pembuatan barang-barang keramik mulai tertata dan terorganisasi, mulailah diperlukan cara membakar keramik yang baik. Pada mulanya manusia membuat lubang yang tidak terlalu dalam, kemudian benda-benda keramik disusun dalam posisi terbaik, lapisan demi lapisan. Setelah itu ditutup pecahan-pecahan gerabah dari pembakaran sebelumnya untuk menjaga bakaran dari angin dingin sehingga terhindar dari resiko pecah. Terakhir diletakkan semak belukar di atasnya dan api unggun mulai dinyalakan. Pembakaran ini biasa disebut *pit firing*.



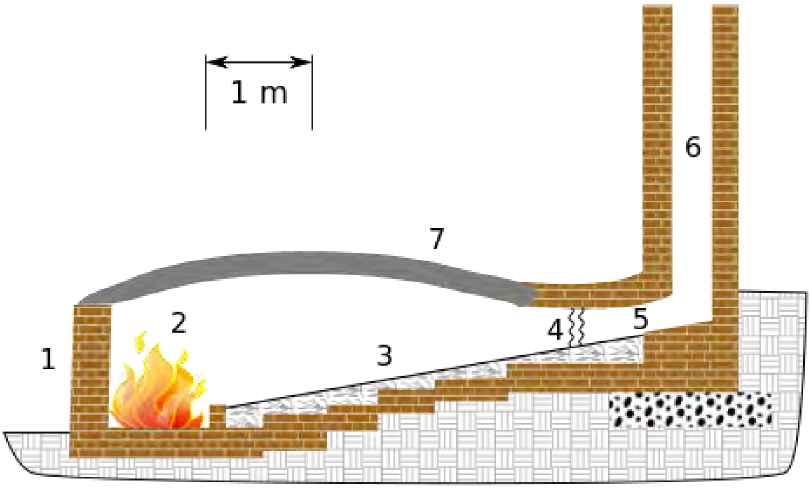
Gambar 7. *Pit firing*
(Sumber: ceramicstudies.co.uk)

Perkembangan pembakaran barang-barang keramik menunjukkan adanya perubahan metode pembakaran, yaitu dari api unggun menjadi model tungku. Model tungku bertujuan untuk lebih memudahkan pengontrolan api. Udara panas akan naik, dan ini menjadi prinsip utama pengembangan tungku saat itu. Penemuan tungku *updraft* (api naik) dapat diketahui dari beberapa ilustrasi kuno, terutama jaman Mesir Kuno. Pembakaran sederhana dengan tungku ini dimulai dengan jenis tungku *bank kiln*.



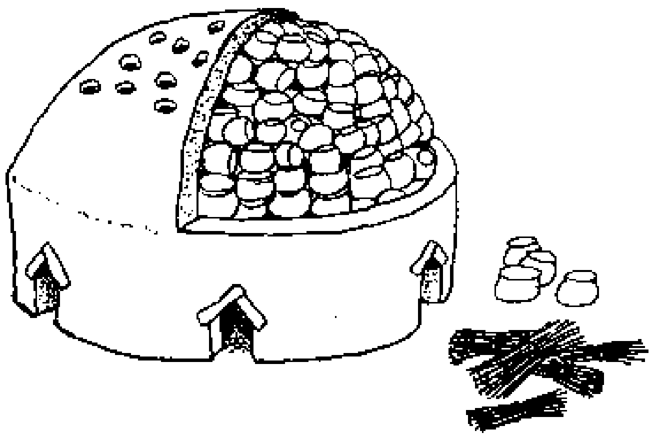
Gambar 8. *Bank Kiln*
(Sumber: ceramicstudies.co.uk)

Seiring dengan perkembangan produksi bahan-bahan porcelain pada 960-1279 di Cina mulai dikembangkan jenis tungku *bank climbing kiln* yaitu jenis *bank kiln* berundak/bertingkat. Bangsa Korea juga mengembangkan tungku jenis ini yang disebut *anagama*, yang hampir mirip dengan jenis tungku Cina dikembangkan tetapi dimodifikasi untuk pengontrolan api. Di Jepang juga mengembangkan tungku ini pada abad 17 dengan menggabungkan 20 ruangan tungku setinggi 6 ft dan lebar 8 ft.

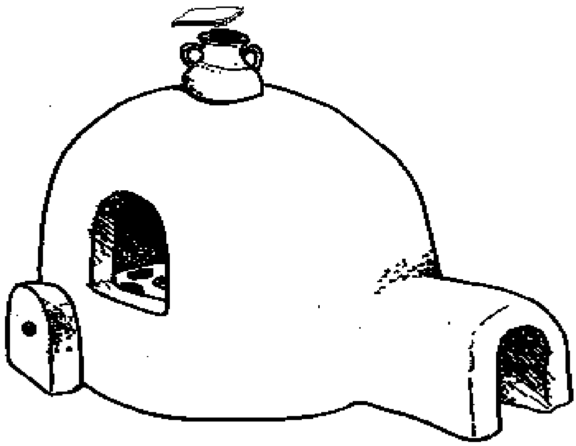


Gambar 9. Anagama, sebuah jenis *bank-climbing kiln*
(Sumber: en.wikipedia.org)

Setelah periode itu, tungku berkembang secara sendiri-sendiri pada berbagai peradaban dunia untuk menghasilkan metode pembakaran yang lebih baik. Tungku pembakaran keramik yang pertama berupa bangunan/bentuk melingkar/tabung/*dome* yang dibuat dari batuan setempat dan pecahan bakaran keramik yang dilekatkan satu sama lain dengan lumpur tanah liat. Di beberapa bagian dibuat lubang udara sekaligus untuk mengambil barang–barang bakaran.



Gambar 10. Tungku primitif berbahan bakar api unggun berbentuk melingkar/tabung/*dome.*
(Sumber: ceramicstudies.co.uk)



Gambar 11. Tungku yang paling banyak digunakan di dunia pada jaman dulu. Pertama kali digunakan di Yunani, kemudian diadopsi Romawi dan dengan berbagai modifikasi digunakan oleh dunia barat selama berabad-abad. (Sumber: ceramicstudies.co.uk)

Informasi yang disajikan belum cukup lengkap. Maka carilah informasi-informasi yang lebih rinci tentang perkembangan tungku dari waktu ke waktu dari buku maupun media internet.

c. Pembakaran Secara Modern

Industri keramik yang sangat maju diiringi oleh berkembangnya teknologi tungku pembakaran. Pabrik-pabrik *tableware* dan produk keramik lainnya memanfaatkan tungku pembakaran kontinyu untuk memproduksi produk keramik secara massal dan besar-besaran. Untuk industri besar, tungku gas dan sebagian listrik menjadi pilihan. Industri menghendaki segala sesuatu yang berkaitan dengan produksi murah dan efisien.





Gambar 12. Tungku gas modern
(Sumber: www.hed.com)

Untuk industri skala kecil, tungku gas dengan volume yang tidak terlalu besar menjadi pilihan. Sedangkan dunia pendidikan memilih tungku listrik untuk eksperimen dan tungku gas untuk membakar keramik sebagai hasil proses pembelajarannya. Pada sentra-sentra gerabah tradisional tungku kayu masih digunakan.



Gambar 13. Tungku listrik modern
(Sumber: www.hobbyland.eu, www.nabertherm-kilns.com)

2. Pembakaran sebagai Tahapan Terpenting dalam Proses Pembuatan Benda Keramik

Ada 4 (empat) tahapan utama dalam membuat benda keramik yaitu pembentukan, pengeringan, pembakaran, dan pengglasiran. Di antara empat tahapan tersebut, tahap pembakaranlah yang merupakan tahapan terpenting, yang menjadikan tanah liat disebut sebagai keramik. Sebuah karya seni dari tanah liat yang indah belum disebut sebagai produk keramik apabila belum mengalami proses pembakaran. Bongkahan tanah liat walaupun tidak indah tetapi telah mengalami pembakaran pada suhu tertentu disebut telah mengalami perubahan fase menjadi keramik.

Perhatikan gambar berikut ini!



Gambar 14. Perubahan fisik yang terjadi karena pembakaran
(Sumber: morrisandjamesmatakana.blogspot.com)

Gambar di atas menunjukkan perubahan-perubahan secara kasat mata yang terjadi pada benda keramik mentah hingga menjadi benda keramik berglasir. Perubahan-perubahan tersebut terjadi akibat proses pengeringan (dua benda sebelah kiri) dan proses pembakaran (dua benda sebelah kanan). Dua karakter/sifat yang terlihat berubah dari keempat benda di atas adalah warna benda dan ukuran benda. Lalu apa yang menyebabkan perubahan ini dan perubahan yang lain? Pembahasan tersebut akan dijelaskan pada unit-unit selanjutnya.

Pembakaran merupakan inti dari pembuatan keramik yang pada proses ini massa yang rapuh menjadi massa yang padat, keras, dan kuat. Pembakaran dilakukan dalam sebuah tungku/*furnace* suhu tinggi. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi hasil pembakaran, antara lain adalah suhu sintering/matang, atmosfer tungku, dan tentu saja mineral yang terlibat. Selama pembakaran, badan keramik mengalami beberapa reaksi penting, misalnya hilang/muncul fase-fase mineral, dan hilang berat (*weight loss*). Membakar benda keramik merupakan tahapan cukup kritis namun menyenangkan, karena tahapan ini untuk mengubah benda mentah (*greenware*) menjadi benda keramik yang matang dan keras. Tanpa melalui proses pembakaran, benda keramik belum dapat disebut produk keramik. Jadi suatu benda keramik dapat dikatakan sebagai produk keramik setelah melalui proses pembakaran. Apabila telah melewati temperatur 600^{o}C tanah liat, sebagai bahan baku utama untuk pembuatan benda keramik akan mengalami proses pembakaran tersebut akan mengalami perubahan fisik dan kimiawi menjadi keramik yang keras dan padat yang tidak dapat hancur oleh air. Proses perubahan tersebut disebut sebagai perubahan keramik (*ceramic change*). Walaupun demikian, tanah liat yang telah melewati temperature 600^{o}C belum berarti bahwa tanah liat tersebut telah matang secara sempurna.



Gambar 15. Keramik siap dibakar glasir
(Sumber: koleksi studio keramik)

Ada 2 jenis pembakaran dalam keramik, yaitu pembakaran biskuit dan pembakaran glasir. Pembakaran biskuit merupakan tahap yang sangat penting karena melalui pembakaran ini suatu benda dapat disebut sebagai keramik. Biskuit (*bisque*) merupakan suatu istilah untuk menyebut benda keramik yang telah dibakar pada kisaran suhu 700 – 1000^{o}C. Pembakaran biskuit sudah cukup membuat suatu benda menjadi kuat, keras, dan kedap air. Untuk benda-benda keramik berglasir, pembakaran biskuit merupakan tahap awal agar benda yang akan diglasir cukup kuat dan mampu menyerap glasir secara optimal.



Gambar 16. Keramik siap dibakar glasir
(Sumber: Buku Tanah Gerabah Kasongan)

Pembakaran glasir merupakan lanjutan dari pembakaran biskuit. Benda keramik biskuit yang telah selesai diglasir kemudian dibakar pada suhu yang lebih tinggi. Biasanya benda keramik berglasir dibakar di atas 1050^{o}C menurut jenis badan keramik dan jenis glasirnya. Tujuan utama pembakaran ini adalah untuk melelehkan bahan glasir sehingga melekat kuat pada badan keramik.

Temperatur kematangan suatu tanah liat berbeda-beda sesuai dengan jenis tanah liatnya. Secara umum jenis bahan tanah liat yang digunakan untuk membuat benda keramik dapat dibedakan menjadi:

- *Earthenware* (900^{o}C-1180^{o}C)
- *Stoneware* (1200^{o}C-1300^{o}C)
- Porselin (1250^{o}C-1460^{o}C)

Pembakaran benda keramik dari waktu ke waktu terus mengalami perkembangan untuk tujuan penyempurnaan, baik dari jenis, cara pengoperasian maupun bahan bakarnya. Semuanya dimaksudkan untuk lebih meningkatkan efektivitas, efisiensi dan produktivitas. Namun demikian hal ini sangat tergantung pada kondisi daerah sehingga pembakaran tradisional pun masih tetap ada.

E. Rangkuman

Sejarah pembakaran keramik diawali dengan upaya manusia untuk membuat keranjang (wadah) yang tahan terhadap segala cuaca dan dapat melindungi bahan makanan dari hama.

Penemuan api merupakan lompatan sangat besar pada sejarah peradaban manusia. Api sangat berguna untuk menghangatkan badan, melunakkan makanan, menjadikan makanan aman untuk dimakan, menjauhkan pemangsa, dan mengubah bahan-bahan ketika dikenai api. Penemuan api pada akhirnya membuat manusia menemukan fakta bahwa tanah liat yang dilemparkan ke api akan menjadi keras, mampu mempertahankan bentuk, dan tidak rusak oleh air.

Tungku keramik kuno dimulai dengan pembakaran api unggun, kemudian pada jaman Mesir kuno ditemukan ilistrasi yang menggambarkan keramik dibakar dalam sebuah bangunan berbentuk melingkar seperti tabung/*dome* yang dengan cara ini pembakaran cukup terorganisir dengan baik

Pembakaran merupakan inti dari pembuatan keramik karena proses pembakaran ini mengubah massa yang rapuh menjadi massa yang padat, keras, dan kuat. Jadi suatu benda keramik dapat dikatakan sebagai produk keramik jika sudah melalui proses pembakaran. Tanah liat sebagai

bahan baku utama untuk pembuatan benda keramik akan mengalami proses pembakaran. Apabila telah melewati temperatur 600^{o}C, tanah liat tersebut akan mengalami perubahan fisik dan kimiawi menjadi keramik yang keras dan padat yang tidak dapat hancur oleh air. Proses perubahan tersebut disebut perubahan keramik (*ceramic change*).

F. Penilaian

1. Penilaian Sikap

Instrumen pengamatan/observasi
Instrumen cermat
Nama : ____________________
Kelas : ____________________

Aktivitas Peserta didik
Peserta didik mengamati tayangan video dan gambar ilustrasi proses pembakaran keramik dan produk keramik kuno.

Lembar observasi

No.	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Mengamati tayangan video dengan tekun				
2.	Mengamati gambar ilustrasi proses pembakaran dengan tekun				
3.	Mengamati gambar ilustrasi produk keramik kuno dengan tekun				
4.	Mencatat semua hasil temuan dari tayangan video				
5.	Mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan.				
Jumlah skor					

Rubrik pengamatan

1. Mengamati tayangan video dengan tekun
   4 Selalu mengamati tayangan video dengan tekun
   3 Sering mengamati tayangan video dengan tekun
   2 Kadang-kadang mengamati tayangan video dengan tekun
   1 Tidak pernah mengamati tayangan video dengan tekun

2. Mengamati gambar ilustrasi proses pembakaran dengan tekun
   4 Selalu mengamati gambar ilustrasi proses pembakaran dengan tekun
   3 Serin mengamati gambar ilustrasi proses pembakaran dengan tekun
   2 Kadang-kadang mengamati gambar ilustrasi proses pembakaran dengan tekun
   1 Tidak pernah mengamati gambar ilustrasi proses pembakaran dengan tekun

3. Mengamati gambar ilustrasi produk keramik kuno dengan tekun
   4 Selalu mengamati gambar ilustrasi produk keramik kuno dengan tekun
   3 Sering mengamati gambar ilustrasi produk keramik kuno dengan tekun
   2 Kadang-kadang mengamati gambar ilustrasi produk keramik kuno dengan tekun
   1 Tidak pernah mengamati gambar ilustrasi produk keramik kuno dengan tekun

4. Mencatat semua hasil temuan dari tayangan video
   4 Selalu mencatat semua hasil temuan dari tayangan video
   3 Sering mencatat semua hasil temuan dari tayangan video
   2 Kadang-kadang mencatat semua hasil temuan dari tayangan video
   1 Tidak pernah mencatat semua hasil temuan dari tayangan video

5. Mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
   4 Selalu mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
   3 Sering mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
   2 Kadang-kadang mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan

1 Tidak pernah mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

Instrumen teliti

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Aktivitas Peserta didik

Peserta didik mengamati gambar ilustrasi/sampel benda, mengamati tayangan video, menanya kepada ahli, menelusuri informasi dari buku, internet, dan sumber lain.

Lembar observasi

No	Aspek yang dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1	Menemukan informasi kunci tentang penemuan api				
2	Menemukan informasi kunci yang terkait dengan sejarah pembakaran				
3	Menemukan informasi kunci yang terkait pembakaran secara tradisional di Indonesia				

Rubrik Penilaian

1. Menemukan informasi kunci tentang penemuan api
   4 Menemukan banyak informasi kunci tentang penemuan api
   3 Menemukan beberapa informasi kunci tentang penemuan api
   2 Menemukan sedikit informasi kunci tentang penemuan api
   1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci tentang penemuan api

2. Menemukan informasi kunci yang terkait dengan sejarah pembakaran
   4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait dengan sejarah pembakaran
   3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait dengan sejarah pembakaran
   2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait dengan sejarah pembakaran
   1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait dengan sejarah pembakaran

3. Menemukan informasi kunci yang terkait pembakaran secara tradisional di Indonesia
   4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait pembakaran secara tradisional di Indonesia
   3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait pembakaran secara tradisional di Indonesia
   2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait pembakaran secara tradisional di Indonesia
   1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait pembakaran secara tradisional di Indonesia

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (3 x 4) = 12

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

2. Penilaian Pengetahuan

Nama : ______________________________

Kelas : ______________________________

Soal uraian

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

1. Mengapa penemuan api menjadi loncatan besar dalam peradaban manusia?
2. Jelaskan apa yang mendasari manusia membuat wadah dari tanah liat!
3. Bagaimana gambaran tungku keramik pada awal-awal manusia membakar tanah liat?
4. Jelaskan mengapa pembakaran menjadi tahapan terpenting dalam pembuatan keramik!
5. Apakah yang dimaksud dengan pembakaran biskuit dan pembakaran glasir?

Pedoman penilaian soal uraian:

No Soal	Kunci Jawaban	Deskriptor	Skor
1	Ada banyak perubahan setelah api ditemukan. Dua contohnya adalah: 1. Api sangat berguna untuk menghangatkan badan, melunak-kan makanan, menjadikan makanan aman untuk dimakan, menjauhkan dari pemangsa, dan mengubah bahan-bahan ketika dikenai api. Sebelum ditemukan api, manusia memanfatkan apa yang ada di alam secara apa adanya. 2. Api dapat mengeraskan tanah. Tanah liat yang dilemparkan ke api akan menjadi keras, mampu mempertahankan bentuk, dan tidak rusak oleh air. Oleh adanya pengamatan dan pengalaman ini, manusia mulai menyimpan bahan makanan dan lain-lain pada wadah yang terbuat dari tanah liat yang dibakar	Apabila 2 atau lebih contoh disebutkan dengan benar	4
		Apabila 2 contoh disebutkan dan ada yang salah	3
		Apabila 1 contoh disebutkan dengan benar	2
		Apabila contoh yang disebutkan salah	1

No Soal	Kunci Jawaban	Deskriptor	Skor
2	Faktor utama yang mendasari adalah keinginan untuk mengamankan pesediaan makanan pada wadah, yaitu 1. keranjang (wadah) **tahan terhadap segala cuaca** dan 2. wadah dapat **melindungi bahan makanan dari hama.**	Apabila 2 jawaban contoh disebutkan dengan benar	4
		Apabila 2 jawaban disebutkan dan ada yang salah	3
		Apabila 1 jawaban disebutkan dengan benar	2
		Apabila jawaban yang disebutkan salah	1
3	Pada mulanya manusia membuat **lubang yang tidak terlalu dalam**, kemudian benda-benda keramik disusun dalam posisi terbaik, lapisan demi lapisan. Setelah itu, benda-benda keramik tersebut ditutup pecahan-pecahan gerabah dari pembakaran sebelumnya untuk menjaga bakaran dari angin dingin sehingga terhindar dari resiko pecah. Terakhir semak belukar diletakkan di atas dan **api unggun** mulai dinyalakan. Pembakaran ini biasa disebut ***pit firing***. Kemudian berkembang menjadi **bank firing**, dengan arah api sudah dipertimbangkan ke atas (**updraft**)	Apabila 4 kata kunci atau lebih disebutkan dengan benar	4
		Apabila 3 kata kunci disebutkan dengan benar	3
		Apabila 2 kata kunci disebutkan dengan benar	2
		Apabila 1 kata kunci disebutkan dengan benar.	1
4	Pada proses pembakaran terjadi **perubahan keramik** (*ceramic change*) yang membuat massa tanah liat **rapuh menjadi padat keras** melalui proses **vitrifikasi** (pematangan).	Apabila 3 kata kunci atau lebih disebutkan dengan benar	4
		Apabila 2 kata kunci disebutkan dengan benar	3
		Apabila 1 kata kunci disebutkan dengan benar	2
		Apabila 0 kata kunci disebutkan.	1

No Soal	Kunci Jawaban	Deskriptor	Skor
5	Pembakaran biskuit adalah pembakaran pertama yang dilakukan pada benda keramik. Dengan pembakaran ini benda tanah liat menjadi padat, kuat, kedap air dan dapat disebut sebagai keramik. Suhu pembakaran ini berkisar 700-1000^{o}C. Pembakaran glasir adalah pembakaran yang bertujuan untuk melelehkan glasir pada badan keramik. Ini adalah pembakaran lanjutan dari pembakaran biskuit. Suhu pembakaran di atas 1050^{o}C.	Apabila 2 jawaban benar.	4
		Apabila 1 benar, dan 1jawaban kurang tepat	3
		Apabila 2 jawaban kurang tepat.	2
		Apabila 2 jawaban salah.	1

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

3. Penilaian Keterampilan

Tes Projek/Penugasan

Berkunjunglah ke tempat pembakaran keramik (bila memungkinkan berkunjung ke perajin keramik, bila tidak memungkinkan mengamati tungku keramik di sekolah)

Buatlah deskripsi tungku itu: apakah termasuk tungku tradisional/modern, bagaimana sumber apinya, benda apa yang dapat dibakar, dan lain-lain.

Carilah informasi di buku atau internet untuk melengkapi data tentang tungku tersebut!

Lembar penilaian

No	Aspek yang dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Diskripsi gambar/ilustrasi gambar				
2.	Penjelasan bagian-bagian tungku				
3.	Penjelasan sumber api/bahan bakar				
4.	Informasi pendukung dari sumber lain				
5.	Kerapian laporan				

Rubrik penilaian

1. Diskripsi gambar/ilustrasi gambar
   4 Ada diskripsi gambar yang sangat jelas
   3 Ada diskripsi gambar yang cukup jelas
   2 Ada diskripsi gambar tetapi tidak jelas
   1 Tidak ada diskripsi gambar.
2. Penjelasan bagian-bagian tungku
   4 Bagian-bagian tungku didiskripsikan dengan sangat jelas
   3 Bagian-bagian tungku didiskripsikan dengan cukup jelas
   2 Bagian-bagian tungku didiskripsikan tetapi tidak jelas
   1 Bagian-bagian tungku tidak didiskripsikan.
3. Penjelasan sumber api/bahan bakar
   4 Sumber api/bahan bakar didiskripsikan dengan sangat jelas
   3 Sumber api/bahan bakar didiskripsikan dengan cukup jelas
   2 Sumber api/bahan bakar didiskripsikan tetapi tidak jelas
   1 Sumber api/bahan bakar tidak didiskripsikan.
3. Informasi pendukung dari sumber lain
   4 Laporan disertai informasi pendukung yang sangat lengkap
   3 Laporan disertai informasi pendukung yang cukup lengkap
   2 Laporan disertai informasi pendukung yang tidak lengkap
   1 Laporan tidak disertai informasi pendukung.

5. Kerapian laporan
   4 Laporan disusun dengan sangat rapi
   3 Laporan disusun dengan cukup rapi
   2 Laporan disusun dengan kurang rapi
   1 Laporan disusun dengan tidak rapi

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

G. Refleksi

Setelah mempelajari unit 1, lakukan reflesik terhadap apa yang telah Anda pelajari dengan menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Manfaat apa yang Anda peroleh setelah mempelajari materi ini?
2. Apakah yang akan Anda lakukan untuk memperluas pengetahuan Anda tentang materi ini?
3. Sikap positif apa yang Anda rasakan setelah mempelajari materi ini?
4. Bagaimana Anda akan berbagi pengetahuan dengan teman dan orang lain setelah mempelajari materi ini?

H. Referensi

……………1998. *Clay, Glazes, Kilns, Machinery and Equipment*. England: Pot Clay Ltd.

……………..*Tungku dan Pembakaran*. Bandung: Balai Besar Keramik.

Ambar Astuti, Dra., MA. 1997. *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Cosentino, Peter. 1998. *The Encyclopedia of Pottery Techniques*. London: Quatro Publishing plc.

Chavaria, Joaquim. 1991. *Ceramics Class-Glazing Techniques*. New York: Watson Guptill Publicatins.

Hammer, Frank and Janet. 1986. *The Potters Dictionary of Materials and Techniques*. London: A & C Black.

Jones, Melanie. 1994. *Pottery: A step, by Step Guide to the Craft of Pottery*. London: Merehurst limited.

Nelson, G.C., 1984. *Ceramics: A Potter Handbook*, New York: CBS College Publishing.

PT. Prasidha. 1992/1993. *Keterampilan Kerajinan Keramik*. Jakarta: Depdikbud, Dikdasmen, Dit. Dikmenjur.

Rhodes, Daniel. 1968. *Kilns, Design, Construction and Operation*. New York: Pitman Publishing.

Taufiq Ekoyanto. 2011. Tanah Gerabah Kasongan: Pengembangan Pembelajaran Kriya Keramik di SMK. Yogyakarta: Studio Keramik Publishing.

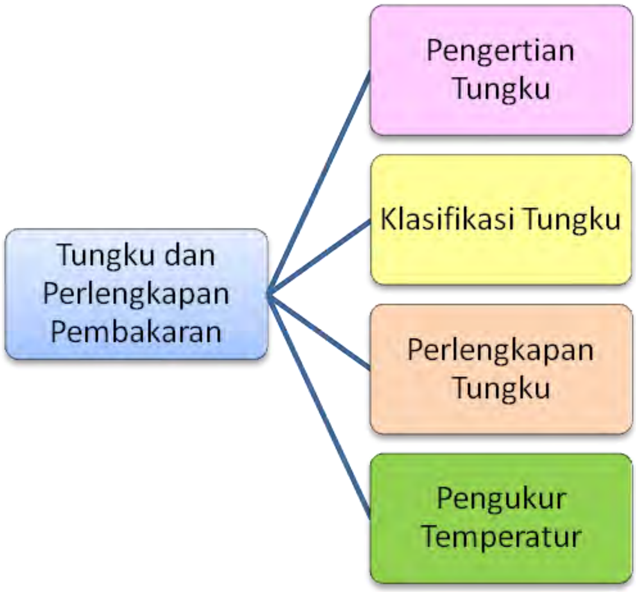
Wahyu Gatot Budiyanto. 2008. Buku Sekolah Elektronik: Kriya Keramik. Jakarta: Depdiknas

Zakin, Richard. 1981. *Electric Kiln Ceramics-A Potter's Guide to Clay and Glazes*. Pennsylvania: Chilton Book Company.

UNIT 2.

TUNGKU DAN PERLENGKAPAN PEMBAKARAN

A. Ruang Lingkup



B. Tujuan

1. Bersikap cermat, teliti, dan disiplin dalam menelusur dan menemukan informasi tungku dan perlengkapan pembakaran.
2. Menjelaskan pengertian tungku dengan benar.
3. Menyebutkan klasifikasi tungku menurut bentuk, bahan bakar dan sirkulasinya dengan cermat dan teliti.
4. Menjelaskan fungsi perlengkapan tungku dengan cermat dan teliti.
5. Menjelaskan jenis pengukur suhu pada pembakaran keramik dengan benar.

C. Kegiatan belajar

1. Mengamati

Anda pasti pernah melihat bahkan sangat tertarik dengan alat pembakaran keramik di sekolahmu. Mari kita lakukan bersama-sama pengamatan terhadap tungku keramik di lingkungan kita.

a. Amatilah tungku-tungku pembakaran yang ada di sekolahmu. Identifikasi dan buatlah catatan bagian-bagian penting tungku.

No	Hal yang Diamati	Hasil Pengamatan
1	Jenis tungku	
2	Bahan bakar	
3	Sirkulasi api	
4	Suasana pembakaran	

b. Amatilah perlengkapan selain tungku yang digunakan dalam pembakaran keramik di sekolah Anda atau di lingkungan pengrajin. Identifikasi dan catatlah perlengkapan-perlengkapan itu!

No	Jenis Perlengkapan	Fungsi
1		
2		
3		
4		

c. Ceritakan dengan kalimat Anda tentang gambar-gambar berikut!



Gambar 17. Pembakaran keramik sangat tradisional



Gambar 18. Pembakaran keramik lebih modern

Lembar pengamatan 1

No	Gambar	Uraian
1	Gambar 17	
2	Gambar 18	

2. Menanya

Lakukan wawancara atau diskusi dengan orang yang pernah membuat batu bata, genting, atau kerajinan keramik di daerah tempat Anda tinggal, atau dengan seseorang yang ahli di bidang gerabah/keramik di sekitar Anda tinggal. Cobalah ajukan beberapa pertanyaan sesuai perinah berikut!

a. Tanyakanlah kepada perajian gerabah/keramik di daerahmu mengenai jenis tungku untuk membuat produk keramik di tempat itu!
b. Tanyakanlah perlengkapan untuk menata produk ke dalam tungku!
c. Catatlah hasil wawancaramu dalam jurnalmu/bukumu!

Lembar wawancara

Lokasi kerajinan keramik	
Jenis tungku	
Jenis perlengkapan	
-----	

3. Mengumpulkan data/mencoba/eksperimen.

Setelah Anda mencari informasi dari pengamatan dan bertanya pada orang yang mengerti keramik, tentunya ada sumber lain yang sangat penting untuk lebih melengkapi informasi yang Anda dapatkan, yaitu buku, internet, dan pengalaman pribadi berkaitan dengan tungku keramik dan perlengkapannya. Coba gali informasi yang lebih dalam melalui buku referensi, internet, pengalaman pribadi mengenai hal-hal berikut ini.

a. Informasi tentang tungku keramik dan perlengkapannya.
b. Informasi tentang tungku-tungku tradisional dam modern di Indonesia?

Lembar penelusuran sumber belajar

No	Informasi	Uraian
1.	Tungku pembakaran	
2.	Perlengkapan tungku	
3.		

4. Mengasosiasikan/mendiskusikan

Agar informasi yang Anda dapatkan semakin akurat, diskusikan data-data yang Anda peroleh dengan teman satu kelompok dan rangkum hasil diskusi tersebut!

a. Diskusikan dengan teman dalam sebuah kelompok kecil tentang hasil penelusuran informasi tungku dan perlengkapannya dari buku, internet, maupun informasi!
b. Tulislah hasil diskusi tersebut dalam jurnal/buku!

5. Mengkomunikasikan/menyajikan/membentuk jaringan

Paparkan data-data yang Anda peroleh di depan teman-teman, kemudian paparkan juga kepada masyarakat banyak melalui *blog*-mu!

a. Kumpulkan hasil pengamatan, hasil menanya, hasil penelusuran informasi, maupun diskusi di depan kelas menjadi tulisan atau kumpulan informasi yang sistematis.
b. Paparkanlah hasil pengamatan, penelusuran informasi, maupun diskusi di depan kelas kepada bapak/ibu guru dan teman-teman, mengenai:
   - Tungku
   - Perlengkapan tungku
c. Bagilah informasi yang telah Anda dapatkan kepada orang lain melalui media sosial maupun *blog* pribadimu!

D. Penyajian Materi

1. Pengertian Tungku

Tungku pembakaran atau *kiln* adalah suatu tempat/ruangan yang terbuat dari batu bata tahan api yang dapat dipanaskan dengan bahan bakar atau listrik dan dipergunakan untuk membakar benda-benda keramik. Fungsi tungku pembakaran adalah untuk membakar benda-benda keramik yang disusun di dalamnya dan dibakar dengan menggunakan bahan bakar khusus (kayu, batu bara, minyak, gas, atau listrik) sampai semua panas menyebar dan membakar semua yang ada di dalam tungku itu. Pembakaran atau radiasi panas berlangsung di dalam tungku atau di bawah ruang bakar dan kelebihan asap keluar melalui saluran api atau cerobong tungku. Sirkulasi panas harus dibiarkan secara merata dan bebas di sekeliling benda pada saat dibakar.



Gambar 19. Benda keramik yang akan dibongkar dari tungku
(Sumber: koleksi studio keramik)

Untuk mendapatkan hasil pembakaran yang memuaskan, tungku jenis apapun harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain:

- dapat mencapai suhu yang diinginkan dengan mudah,
- suhu seluruh bagian tungku pada ruang pembakaran merata,
- pemakaian bahan bakar efisien (hemat),
- umur pemakaian lama (awet),

- memiliki prosedur pengoperasian dan pemeliharaan yang mudah dan murah, serta
- memudahkan untuk proses penyusunan dan pembongkaran benda keramik.

Saat ini berbagai jenis tungku pembakaran dapat dijumpai baik di sentra-sentra kerajinan keramik (gerabah), studio keramik, maupun industri keramik. Beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam memilih atau merancang tungku pembakaran keramik ialah:

a. **Jenis tungku.**

Yang dimaksudkan dengan jenis tungku adalah sirkulasi api/jalannya api, bentuk tungku,ukuran/ kapasitas dan bahan bakar yang digunakan.

b. **Kapasitas tungku pembakaran.**

Kapasitas berkaitan erat dengan produktivitas dan volume tungku (ruang pembakaran), sehingga perlu dipikirkan seberapa ukuran tungku pembakaran yang harus dibuat.

c. **Suhu akhir yang ingin dicapai.**

Dalam merancang tungku pembakaran perlu mengetahui jenis badan benda keramik yang akan dibakar, sehingga bahan baku untuk pembuatan tungku juga menyesuaikan. Agar lebih efisien maka dipilih tungku pembakaran yang dapat mencapai suhu tinggi.

d. **Kondisi pembakaran yang diinginkan.**

Kondisi pembakaran yang akan dicapai (oksidasi, reduksi, atau netral) harus ditetapkan guna menentukan bentuk ruang bakar, alat pembakar (*burner*), dan *damper*.

e. **Jenis barang yang akan dibakar.**

Bahan tanah liat keramik yang dibakar dapat dibedakan menjadi *terracotta/earthenware, stoneware* atau porselin. Oleh sebab itu kita perlu menentukan jenis tungku, ukuran, dan bahan bakar yang akan digunakan.

f. **Jenis bahan bakar**

Jenis bahan bakar yang akan digunakan perlu mempertimbangkan kondisi lingkungan, apakah dengan kayu, minyak, gas, batu bara, atau listrik.

g. Lokasi tungku

Lokasi pembuatan tungku harus memperhatikan kondisi lingkungan, di dalam kota, di daerah pinggiran, halaman pabrik, garasi, dan lain-lain.

h. Ukuran plat/*shelves*

Ukuran plat tahan api juga harus diperhitungkan untuk disesuaikan dengan ukuran plat yang telah ada di pasaran. Berbagai jenis tungku pembakaran dapat digunakan, mulai dari yang sederhana hingga yang paling modern, sejalan dengan perjalanan waktu. Penggolongan jenis tungku dapat dibedakan berdasarkan bentuk, mode operasi, kontak panas, pemakaian nama penemunya, sirkulasi api, dan bahan bakar yang digunakan.

2. Klasifikasi Tungku

Tungku pembakaran dapat diklasifikasikan menurut bahan bakar, aliran panas/sirkulasi api, bentuk, kontak panas, cara operasi/proses pembakaran, pemakaian, dan penemunya. Namun dari berbagai klasifikasi tersebut hanya akan dijelaskan sebagian saja.

a. Klasifikasi Tungku menurut Bahan Bakarnya

Bahan apapun yang dapat terbakar dapat digunakan untuk membakar keramik, meskipun sejak dulu pembakaran dimulai dengan bahan bakar kayu, sedangkan pada perkembangan terakhir pembakaran menggunakan minyak dan gas. Sekarang sumber panas yang baru untuk pembakaran keramik ialah listrik.

Jenis tungku berdasarkan bahan bakar (sumber panas) yang digunakan dapat digolongkan menjadi lima macam, yaitu:

1) Tungku bahan bakar gas

Tungku jenis ini menggunakan bahan bakar gas, kalau di Indonesia dikenal dengan elpiji (LPG). Tungku ini sangat praktis dan biaya operasionalnya cukup ekonomis. Alasan inilah yang menyebabkan banyak industri keramik menggunakan tungku gas sebagai alat pembakar utama. Tungku ini harus dioperasikan dengan prosedur yang benar dan standar keamanan yang tinggi, mengingat gas adalah bahan bakar yang tidak terlihat dan sangat mudah terbakar. Kita dapat mengatur atmosfer tungku dengan tungku gas ini.

2) Tungku listrik

Tungku jenis ini banyak digunakan di studio-studio atau di sekolah-sekolah karena mudah dioperasikan. Tungku ini dilengkapi dengan kumparan-kumparan yang akan membara apabila dialiri arus listrik. Bentuk, volume, dan spesifikasi tungku listrik sangat bervariasi dan masing-masing mempunyai keunggulan sendiri.

3) Tungku bahan bakar padat (kayu, batu bara)

Ini adalah jenis tungku pembakaran yang merupakan cikal bakal pembakaran keramik. Sampai saat ini tungku berbahan bakar kayu masih digunakan di sentra-sentra keramik tradisional. Bahan bakar padat lainnya adalah tatal kayu, sekam padi, dan sampah dedaunan kering.

4) Tungku bahan bakar minyak

Ketika harga minyak tanah murah, tungku ini sangat ekonomis. Tetapi saat ini tungku minyak tanah sudah jarang digunakan karena biaya operasionalnya yang mahal.

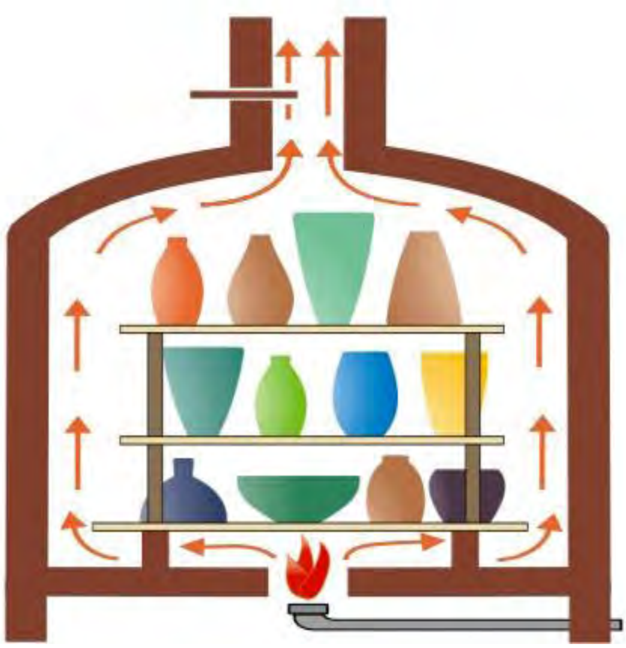
b. Klasifikasi Tungku menurut Arah Aliran Panas/Sirkulasi Api

1) Tungku api naik (*up draft kiln*)

Pada tungku jenis ini panas dari ruang bakar mengalir ke ruang pemanasan/pembakaran di atasnya dan memanaskan barang-barang yang ada kemudian keluar melalui cerobong asap di bagian atas. Jumlah bahan bakar yang digunakan pada tungku jenis ini relatif besar dan perbedaan suhu antara bagian bawah dan atasnya pun cukup besar sehingga dapat mempengaruhi hasilnya. Yang termasuk jenis ini ialah tungku ladang dan tungku bak. Bentuk tungku api naik ada yang persegi dan ada juga yang bulat.

Ciri-ciri tungku api naik ialah:

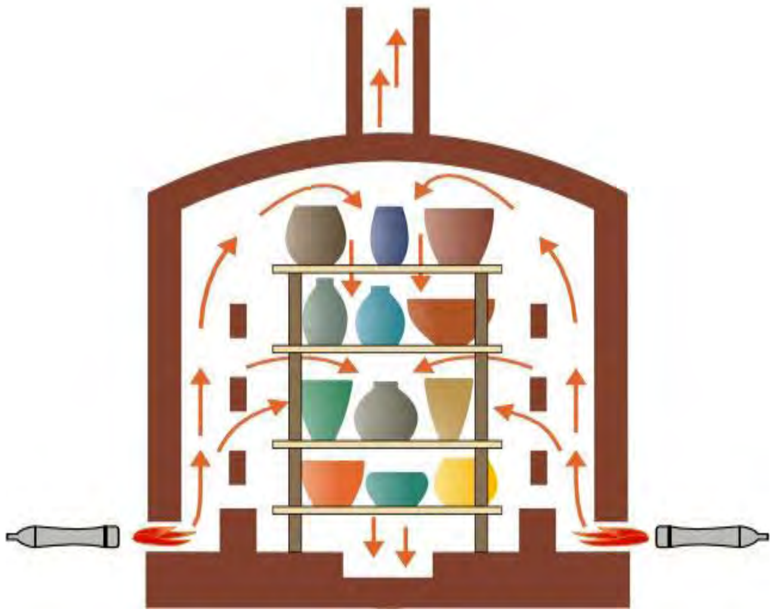
a). pemakaian bahan bakar agak boros,
b). suhu pembakaran relatif rendah (di bawah 1000^{o}C),
c). perbedaan suhu bagian atas dan bawah dan tengah cukup besar (bagian bawah lebih tinggi),
d). cara pengoperasiannya mudah, dan
e). biaya konstruksi dan pemeliharaan lebih mudah dan murah.



Gambar 20. Tungku dengan sirkulasi api naik.
(Sumber: Prasidha Adhikriya)

2) Tungku api berbalik (*down draft kiln*)

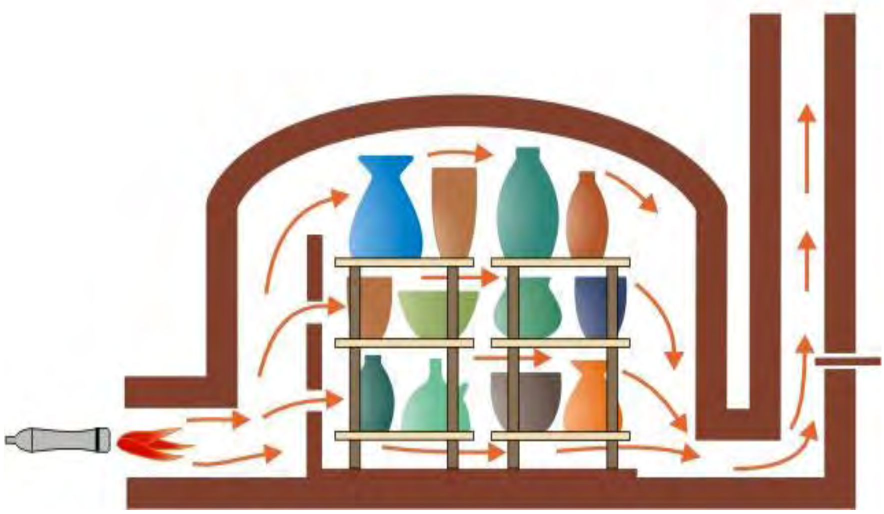
Panas yang dihasilkan dari ruang bakar akan mengalir ke atas karena ada jembatan api (*bag wall*), menyentuh atap tungku pada ruang pembakaran dan berbalik ke bawah untuk memanasi benda keramik, kemudian mengalir ke saluran di bawah lantai tungku (kanal) dan keluar melalui cerobong. Dengan menggunakan jenis tungku ini akan dihasilkan suhu ruang pembakaran yang lebih merata dan dapat mencapai suhu yang lebih tinggi, yaitu 1400^{o}C. Tungku jenis ini sudah dilengkapi dengan *damper* (skep) yang ditempatkan pada saluran (kanal) antara tungku dan cerobong. Yang termasuk jenis ini adalah tungku *catenary*. Bentuk dari tungku *down draft* ini ada yang persegi dan ada pula yang bulat.



Gambar 21. Tungku dengan sirkulasi api berbalik
(sumber: Prasidha Adhikriya)

3) Tungku api mendatar (*cross draft kiln*)

Panas yang dihasilkan dari ruang bakar oleh jenis tungku ini akan mengalir ke ruang pemanasan sejajar lantai yang memanaskan barang keramik, kemudian keluar melalui cerobong asap. Suhu yang paling tinggi terletak dekat ruang bakar dan menurun ke arah cerobong asap.



Gambar 22. Tungku dengan sirkulasi api mendatar.
(Sumber: Prasidha Adhikriya)

3. Perlengkapan Tungku (*Kiln Furniture*)

Kiln furniture merupakan perlengkapan tungku pembakaran yang berfungsi untuk mendukung proses pembakaran benda keramik. *Kiln furniture* umumnya terbuat dari bahan refraktori yang tahan terhadap pengaruh *spalling* yaitu beban mekanis, keadaan panas dan tahan terhadap leburan untuk pemakaian secara berulang. Bahan *kiln furniture* dapat terdiri dari bahan samot, *mullite*, *cerdienite*, *mulcorite* (*mullite cordierite*), aluminium tinggi, aluminium porselin, dan jenis bahan *silicon carbide*.

Jenis-jenis *kiln furniture* tersebut mempunyai karakteristik pemakaian yang berbeda-beda, seperti misalnya:

- temperatur maksimum pemakaian,
- ketahanan *spalling* atau kemampuan untuk menyangga beban dalam keadaan panas, temperatur tinggi,
- ketahanan terhadap reaksi pembakaran reduksi/oksidasi,
- keawetan pemakaian, dan
- porositas badan *kiln furniture*.

Jenis dan Fungsi *Kiln Furniture*

a. Plat/*shelves*

Plat berfungsi sebagai alas benda keramik yang dibakar dan juga untuk membuat sap di dalam tungku. Bentuk plat bermacam-macam seperti lingkaran, setengah lingkaran, segi enam, dan persegi empat dengan berbagai variasi ukuran. Untuk keperluan tertentu misalnya saat digunakan untuk pembakaran glasir, plat tersebut harus dilapisi dengan *kiln wash,* yaitu lapisan pelindung agar plat tidak terkena lelehan glasir secara langsung bila meleleh, sehingga benda keramik dapat lebih mudah diambil dan tidak melekat pada plat dan plat yang digunakan tidak cepat rusak. *Kiln wash* dibuat dari campuran koalin dan kwarsa dengan perbandingan 1:1



Gambar 23. Plat
(Sumber: www.nmclay.com)

b. Tiang penyangga/*posts/props*

Tiang penyangga berfungsi sebagai penopang plat (*shelves*) yang disusun dalam tungku untuk alas benda keramik. Tiang penyangga terbuat dari batu tahan api dengan bentuk silinder, balok, dan prisma dengan ukuran tinggi yang bervariasi sehingga dapat digunakan sesuai dengan ukuran tinggi rendahnya benda keramik yang dibakar. Tiang penyangga ini biasanya dilengkapi dengan *interlocking props*, yaitu penyambung penyangga agar lebih stabil dan tidak goyah.



Gambar 24. Prop/penyangga

c. *Stilt/spurs*

Stilt yaitu kerucut-kerucut kecil yang terbuat dari bata tahan api. *Stilt* dipergunakan untuk menyangga benda keramik yang diglasir pada bagian bawahnya, sehingga glasir tersebut tidak lengket pada plat ketika sudah dibakar. Bentuk stilt dapat berupa kerucut-kerucut runcing atau bentuk paku.



Gambar 25. *Stilt*

d. Kapsel

Kapsel berfungsi untuk melindungi benda keramik yang dibakar agar tidak terkena api secara langsung, khususnya dalam pembakaran dengan bahan bakar minyak atau gas. Kapsel terbuat dari bata tahan api dengan bentuk persegi, kubus, oval ataupun silinder dengan ukuran yang bervariasi.



Gambar. 26. Kapsel

e. *Tile setters*

Alat berbentuk rak yang digunakan secara khusus untuk menyangga benda keramik disebut tile/tegel. Dengan alat ini pembakaran akan lebih efisien karena tidak banyak memakan tempat dan memberikan sirkulasi panas yang lebih merata.



Gambar. 27. *Tile setter*

f. *Plate setters*

Alat ini berbentuk rak yang digunakan khusus untuk menyangga benda keramik berupa piring dan cawan. Alat ini juga tidak memakan banyak tempat karena benda keramik dapat disusun dalam rak tersebut.



Gambar. 28. *Plate setter*

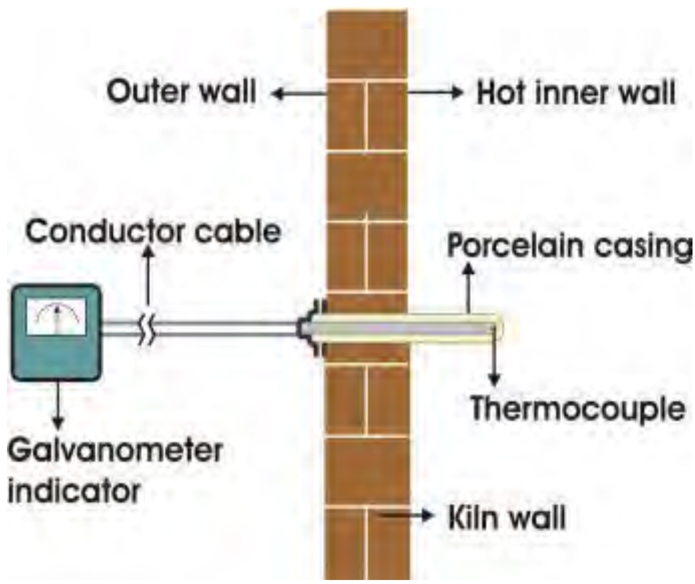
4. Pengukur Temperatur (Suhu)

Pengendalian suhu pembakaran dalam proses pembakaran perlu diperhatikan agar hasil pembakaran yang diinginkan dapat tercapai. Dalam praktek pembakaran benda keramik, yang perlu diketahui adalah jenis tanah liat/komposisi tanah liat, jenis glasir, dan suhu yang akan dicapai. Suatu jenis tanah liat atau komposisi glasir yang telah dibakukan biasanya sudah ditentukan suhu bakarnya. Untuk mengukur suhu bakar dapat digunakan *termokopel, pirometer* dan *pyrometric cone* (pancang suhu). Sebetulnya, *termokopel pirometer* merupakan satu kesatuan alat pengukur suhu, yang biasa disebut dengan pirometer.

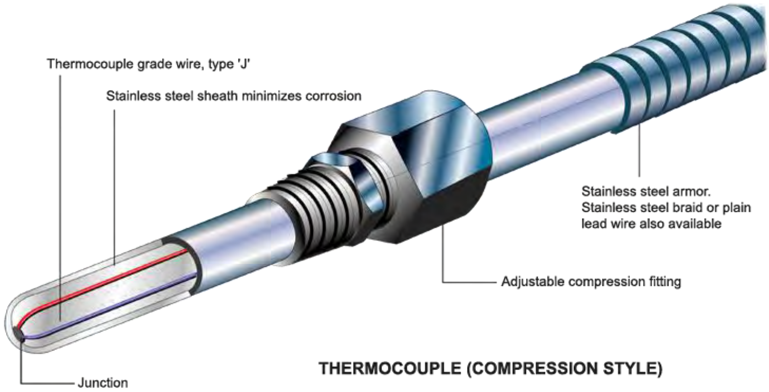
a. Pirometer (*Pirometer*)

Pirometer adalah alat pengukur suhu di dalam tungku pada setiap saat selama pembakaran berlangsung. Pirometer mempunyai dua bagian penting yaitu *termokopel* dan *galvanometer* atau *pirometer* yang dilengkapi dengan penunjuk berupa jarum dan skala suhu dalam satuan derajat Celcius atau Fahrenheit.

Ada 2 macam pyrometer, yaitu pirometer optis dan pirometer termolistrik (termokopel). Pirometer termolistrik terdiri dari termokopel, skala, dan kawat penghubung antar *couple* dengan skala. Sedangkan termokopel terdiri dari dua kawat logam campuran yang berlainan. Kedua kawat tersebut dibungkus dengan bahan isolasi tahan api.



Gambar 29. Penampang termokopel pada dinding tungku.
(Sumber: Melanie Jones)



Gambar 30. Termokopel
(Sumber: http://www.tutco.com/temperature_sensors/thermocouples.php)

Cara kerja pirometer ialah sebagai berikut: Pada saat suhu bakar di dalam tungku mulai memanas, titik temu kedua kawat yang disolder bertindak sebagai batu baterai yang mengeluarkan arus listrik lemah sebesar beberapa milivolt. Semakin lama arus mengalir, semakin bertambah besar pula pemanasan, sesuai dengan pertambahan suhu di dalam tungku. Arus menggerakkan jarum indikator menjelajahi skala suhu yang tergambar pada galvanometer. Dengan melihat posisi jarum terhadap skala suhu, operator akan dapat langsung membaca dan menentukan besarnya panas yang ada di dalam tungku.

Pirometer merupakan sebuah instrumen yang rentan rusak, penanganannya harus hati-hati karena harganya mahal, sehingga sebaiknya pengoperasiannya dipercayakan kepada operator pembakaran. Biasanya dalam proses pembakaran, selain pirometer, juga digunakan alat pengukur suhu lainnya yang dikenal sebagai *cone* atau pancang. Seringkali kedua jenis alat pengukur suhu ini digunakan dalam satu tungku sehingga dapat dihindari kesalahan membaca suhu akibat salah satu alat tidak berfungsi.

b. Termokopel (*Thermocouple)*

Termokopel adalah bagian yang aktif dari sebuah alat pengukur suhu yang disebut pirometer. Termokopel dibuat dari dua jenis kawat dengan kedua ujungnya dilebur dan disatukan (disolder). Kawat termokopel untuk suhu di bawah 1100^{0}C berbeda dengan termokopel untuk suhu di atas 1100^{o}C. Kawat termokopel untuk suhu di bawah 1100^{o}C menggunakan dua kawat, yaitu campuran logam krom-

alumunium dan logam nikel. Kawat termokopel untuk suhu di atas 1100^{0}C menggunakan dua kawat, yaitu platinum murni dan campuran platinum-rodium. Kedua kawat yang menyatu ujungnya dilindungi oleh sebuah tabung tahan api dari mineral mulit atau jenis mineral tahan api lainnya. Kedua kawat ujung termokopel dihubungkan dengan kabel kawat timbal pada pirometer.



Gambar 31. Pirometer

Termokopel dimasukkan ke dalam tungku pembakaran melalui lubang khusus, kedua ujung kawat yang diluar dihubungkan dengan kabel penghubung ke *galvanometer indicator* (pirometer). Kalau ujung sambungan tersebut terkena panas maka akan timbul tegangan listrik yang dapat diukur dengan alat ukur listrik (pirometer) yang akan menunjukkan suhu pada ruang pembakaran.

Pada jenis tungku tertentu, pirometer dan termokopel sudah terpasang di tungku pembakaran. Bila belum terpasang, umumnya terdapat lubang yang ada di tengah tungku untuk meletakkan termokopel, sedangkan pirometernya perlu diletakkan pada posisi yang aman dan indikatornya mudah dibaca.

c. Pancang Suhu/*Pyrometric Cone*

Cone atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai pancang suhu merupakan salah satu alat pengukur suhu pembakaran yang tergolong akurat. *Cone* dibuat dari campuran bahan keramik dengan komposisi seperti pada glasir. Bahan tersebut dibentuk sebagai piramid tinggi dengan tiga sisi dan dirancang untuk melunak dan membengkok pada suhu tertentu. Setiap pancang mempunyai nomor tertentu (nomor 020 - nomor 15). Nomor 020 untuk suhu 600^{o}C, sampai dengan nomor 15 untuk suhu 1431^{o}C. Nomor-nomor tersebut sesuai dengan temperatur pembakaran yang mengindikasikan pada suhu berapa pancang tersebut akan melengkung atau membengkok menyentuh lantai dasar. Standar ukuran untuk pancang besar, tinggi kurang lebih 66 mm dan untuk pancang kecil, tinggi kurang lebih 25 mm.

Pancang suhu ini hanya dapat dipakai sekali saja. Setelah suhu yang sesuai nomor kode dicapai, maka pancang akan melengkung dan tidak dapat digunakan lagi. Agar pancang berfungsi dengan baik, maka harus diletakkan pada sudut kemiringan 8^{o}, dihitung dari poros tegak lurus dengan lantai dasar dan ditempatkan di dalam tungku, diletakkan dekat lubang intai (*spy hole*) agar dapat dilihat dari luar tungku pembakaran. Karena pancang dibuat dari bahan keramik yang formulanya disesuaikan dengan suhu matang tertentu, maka pancang ini dianggap sebagai alat pengukur suhu yang baik, selain pirometer. Untuk mengamati suhu pembakaran, dianjurkan menggunakan satu seri, terdiri atas tiga buah pancang yang berurutan nomornya, misalnya nomor 5, 4, dan 3 untuk suhu matang sekitar 1150^{o}C. Ketiga pancang tersebut disusun berjajar dengan sudut kemiringan 8^{o} dan diletakkan sedemikian rupa di dalam tungku sehingga dapat dilihat melalui lubang intai. Bila pancang pertama (nomor 3) sudah membengkok dan ujungnya hampir menyentuh lantai dasar, maka berarti suhu yang diinginkan hampir tercapai.

Apabila pancang pertama (nomor 3) sudah membengkok dan ujungnya sudah menyentuh lantai dasar, dan pancang ke dua (nomor 4) sudah membengkok serta ujungnya hampir menyentuh lantai dasar, maka berarti suhu yang diinginkan telah tercapai. Pancang ketiga (nomor 5) diupayakan dalam keadaan tetap tegak pada setiap akhir pembakaran. Jika pancang ketiga (nomor 5) ikut membengkok sampai menyentuh lantai dasar, maka akan melewati suhu bakar yang seharusnya (*overfiring*).

Pancang yang lebih rendah digunakan untuk mengetahui bahwa suhu pembakaran akan tercapai, sedangkan nomor yang lebih tinggi digunakan untuk mencegah jangan sampai suhunya terlalu tinggi. Dalam praktik sehari-hari seringkali dijumpai bahwa orang hanya menggunakan sebuah pancang saja, yang tentunya mengandung risiko bila pancang tersebut tidak berfungsi dengan baik.



Gambar 32. Cone nomor 5 Cone nomor 4 Cone nomor 3

Pancang dikembangkan di Jerman oleh seorang ahli keramik bernama Dr.Hermann Seger pada tahun 1886. Pada awalnya pelat ini digunakan untuk pengujian pembakaran bahan-bahan tahan api. Dalam perkembangannya ia membuat pancang menjadi beberapa seri, masing-masing diberi nomor berdasarkan suhu matang yang ingin dicapai, dikenal sebagai pancang seger. Selain pancang seger, berkembang pula pancang-pancang lain yang digunakan di industri keramik, yaitu pancang orton dibuat oleh Eduard Orton dari Amerika dan pancang *staffordshire* (sentra industri keramik) di Inggris yang ketiganya mempunyai sedikit perbedaan. (Lihat daftar pancang). Cara kerja pancang adalah sebagai berikut: pada saat bersentuhan dengan api, pengaruh panas pertama-tama mengenai ujung, selanjutnya merambat ke bawah; oleh karena itu, pada saat titik matang, pancang akan melengkung perlahan dari atas ke bawah.

Tingkat kecepatan kenaikan suhu pembakaran berpengaruh pada kerja pancang, sebagai contoh bila waktu pembakaran mencapai suhu matang terlalu cepat (*fast firing*) dibandingkan dengan waktu seharusnya, maka akan diperlukan suhu yang lebih tinggi untuk membengkokkan/melengkungkan pancang.

Kenaikan suhu perjam untuk setiap pancang berbeda-beda. Menurut Daniel Rhodes, kenaikan 20^{o}C per jam dianggap lambat. Pancang orton dibuat untuk kenaikan suhu antara 60^{o}C/jam dan 150^{o}C/jam. Bila suhu pembakaran tinggi telah tercapai, (biasanya warna api putih menyilaukan), pancang di dalam tungku sulit untuk dilihat. Hal ini dapat diatasi dengan meniupkan udara ringan ke dalam tungku melalui lubang intai sehingga pancang dapat dilihat walaupun hanya sepintas. Hal ini harus dilakukan dengan sangat hati-hati.

Berikut ini adalah daftar nomer *cone* dan suhu lelehnya.

Tabel 1. Daftar *pyrometric cone*.

Nomor Cone	Cone Besar		Cone Kecil		Seger Cone (Celcius)
	150° C	270° F	300° C	540° F	
020	635	1175	666	1231	670
019	683	1261	723	1333	690
018	717	1323	752	1386	710
017	747	1377	781	1443	730
016	792	1458	825	1517	750
015	804	1479	843	1549	790
014	838	1540			815
013	852	1566			835
012	881	1623			855
011	894	1641			880
010	894	1641	919	1686	900
09	923	1690	955	1751	920
08	955	1751	983	1801	940
07	981	1803	1008	1816	960
06	999	1830	1023	1873	980
05	1046	1915	1062	1914	1000
04	1060	1940	1098	2008	1020
03	1101	2011	1131	2068	1040
02	1120	2048	1148	2098	1060
01	1137	2079	1178	2152	1080
1	1154	2109	1159	2154	1100
2	1162	2124	1179	2154	1120
3	1168	2134	1196	2185	1140
4	1186	2167	1209	2208	1160
5	1196	2185	1221	2230	1180
6	1222	2232	1255	2291	1200
7	1240	2264	1261	2307	1280
8	1263	2305	2305	2372	1250
9	1280	2336	1317	2403	1280
10	1305	2381	1330	2426	1300
11	1315	2399	1330	2437	1320
12	1326	2419	1335	2471	1350
13	1346	2455			1380
14	1360	2491			1410
15	1431	2608			1430

(Sumber: Glenn Nelson)

E. Rangkuman

Tungku pembakaran atau *kiln* adalah suatu tempat/ruangan yang terbuat dari batu bata tahan api yang dapat dipanaskan dengan bahan bakar atau listrik dan dipergunakan untuk membakar benda-benda keramik. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam memilih atau merancang tungku adalah: jenis tungku (sirkulasi api, bentuk, ukuran, bahan yang digunakan), kapasitas tungku, suhu akhir yang ingin dicapai, suasana pembakaran, jenis barang yang dibakar, bahan bakar, lokasi tungku, dan ukuran plat/*shelves*.

Klasifikasi tungku menurut bahan bakarnya adalah tungku gas, tungku listrik, tungku bakan bakar padat, tungku minyak. Sedangkan klasifikasi tungku menurut arah aliran adalah tungku api naik, tungku api berbalik, tungku api mendatar.

Kiln furniture merupakan perlengkapan tungku pembakaran yang berfungsi untuk mendukung proses pembakaran benda keramik. *Kiln furniture* umumnya terbuat dari bahan refraktori yang tahan terhadap pengaruh *spalling* yaitu beban mekanis, keadaan panas dan tahan terhadap leburan untuk pemakaian secara berulang. Jenis perlengkapan tungku adalah: plat, prop, stilt, kapsel, *tile setter, plate setter*. Pengukur suhu yang digunakan pada pembakaran keramik: pirometer-termokopel, pancang suhu.

F. Penilaian

1. Penilaian Sikap

Instrumen cermat

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Aktivitas Peserta didik

Peserta didik mengamati tayangan video, mengamati 2 gambar yang berbeda, dan mengamati tungku di sekolah.

Lembar observasi

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Mengamati tayangan video dengan tekun				
2.	Mengamati gambar/ilustrasi dengan tekun				
3.	Mengamati tungku pembakaran dengan sungguh-sungguh				
4.	Mengidentifikasi informasi-informasi dalam materi pengamatan dengan tekun				
5.	Mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan				
	Jumlah				

Rubrik pengamatan:

1. Mengamati tayangan video dengan tekun
   4 Selalu mengamati tayangan video dengan tekun
   3 Sering mengamati tayangan video dengan tekun
   2 Kadang-kadang mengamati tayangan video dengan tekun
   1 Tidak pernah mengamati tayangan video dengan tekun

2. Mengamati gambar/ilustrasi dengan tekun
   4 Selalu mengamati gambar/ilustrasi dengan tekun
   3 Sering mengamati gambar/ilustrasi dengan tekun
   2 Kadang-kadang mengamati gambar/ilustrasi dengan tekun
   1 Tidak Pernah mengamati gambar/ilustrasi dengan tekun

3. Mengamati tungku pembakaran dengan sungguh-sungguh
   4 Selalu mengamati tungku pembakaran dengan sungguh-sungguh
   3 Sering mengamati tungku pembakaran dengan sungguh-sungguh
   2 Kadang-kadang mengamati tungku pembakaran dengan sungguh-sungguh

1 Tidak pernah mengamati tungku pembakaran dengan sungguh-sungguh

4. Mengidentifikasi informasi-informasi dalam materi pengamatan dengan tekun
   4 Selalu mengidentifikasi informasi-informasi dalam materi pengamatan dengan tekun
   3 Sering mengidentifikasi informasi-informasi dalam materi pengamatan dengan tekun
   2 Kadang-kadang mengidentifikasi informasi-informasi dalam materi pengamatan dengan tekun
   1 Tidak pernah mengidentifikasi informasi-informasi dalam materi pengamatan dengan tekun

5. Mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
   4 Selalu mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
   3 Sering mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
   2 Kadang-kadang mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
   1 Tidak pernah mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

Instrumen teliti

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Aktivitas Peserta didik

Peserta didik mengamati tayangan video, mengamati 2 gambar yang berbeda, dan mengamati tungku di sekolah, menanya kepada ahli, menelusuri informasi dari buku, internet, dan sumber lain.

Lembar observasi

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1	Menemukan informasi kunci yang terkait dengan klasifikasi tungku				
2	Menemukan informasi kunci yang terkait dengan perlengkapan tungku				
3	Menemukan informasi kunci yang terkait dengan pengukur suhu				
4	Mengumpulkan informasi yang diperoleh secara lengkap				
	Jumlah				

Rubrik Penilaian

1. Menemukan informasi kunci yang terkait dengan klasifikasi tungku
   4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait dengan klasifikasi tungku
   3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait dengan klasifikasi tungku
   2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait dengan klasifikasi tungku
   1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait dengan klasifikasi tungku
2. Menemukan informasi kunci yang terkait dengan perlengkapan tungku
   4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait dengan perlengkapan tungku
   3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait dengan perlengkapan tungku
   2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait dengan perlengkapan tungku
   1 Menemukansangat sedikit informasi kunci yang terkait dengan perlengkapan tungku

3. Menemukan informasi kunci yang terkait dengan pengukur suhu
    4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait dengan pengukur suhu
    3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait dengan pengukur suhu
    2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait dengan pengukur suhu
    1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait dengan pengukur suhu
4. Mengumpulkan informasi yang diperoleh secara lengkap
    4 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara lengkap
    3 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara cukup lengkap
    2 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara kurang lengkap
    1 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara tidak lengkap

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (4 x 4) = 16

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

2. Penilaian Pengetahuan

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan klasifikasi tungku menurut bahan bakarnya. Termasuk jenis apakah tungku di sekolah Anda? Coba jelaskan!
2. Deskripsikan jenis tungku api naik!
3. Manakah yang lebih efesien: bahan bakar, tungku api berbalik atau tungku api mendatar? Jelaskan!
4. Sebutkan 5 jenis perlengkapan tungku yang Anda ketahui!
5. Kapankah kapsel dan *stilt* digunakan?

Kunci jawaban

No Soal	Kunci jawaban	Deskriptor	Skor
1	Jenis tungku berdasarkan bahan bakar (sumber panas) yang digunakan dapat digolongkan menjadi lima macam, yaitu: a. tungku bahan bakar gas, b. tungku listrik, c. tungku bahan bakar padat (kayu, batu bara), d. tungku bahan bakar minyak, e. tungku bahan bakar batubara.	Apabila 5 jawaban disebutkan dengan benar	4
		Apabila 4 jawaban disebutkan dengan benar	3
		Apabila 3 jawaban disebutkan dengan benar	2
		Apabila 2 jawaban disebutkan dengan benar	1
2	• Pengertian :Pada tungku jenis ini panas dari ruang bakar mengalir ke ruang pemanasan/pembakaran di atas-nya dan memanaskan barang-barang yang ada, kemudian keluar melalui cerobong asap di bagian atas. • Ciri-ciri: 1. pemakaian bahan bakar agak boros, 2. suhu pembakaran relatif rendah (di bawah 1000^{o}C), 3. perbedaan suhu bagian atas dan bawah dan tengah cukup besar (bagian bawah lebih tinggi), 4. cara pengoperasiannya mudah, dan 5. biaya konstruksi dan pemeliharaan lebih mudah dan murah .	Apabila pengertian dan cirri-ciri disebutkan dengan benar	4
		Apabila pengertian dan ciri-ciri disebutkan dan ada yang salah	3
		Apabila hanya pengertian atau ciri-ciri yang disebutkan	2
		Apabila jawaban salah	1

No Soal	Kunci jawaban	Deskriptor	Skor
3	Jawaban: tungku api berbalik Penjelasan: Dengan menggunakan jenis tungku ini akan dihasilkan suhu ruang pembakaran yang lebih merata dan dapat mencapai suhu yang lebih tinggi 1400^{o}C. Panas tidak langsung terbuang sehingga efisien.	Apabila jawaban dan penjelasan benar	4
		Apabila jawaban benar penjelasan kurang tepat	3
		Apabila jawaban benar penjelasan salah	2
		Apabila jawaban salah	1
4	1. Plat/*shelves* Plat berfungsi sebagai alas benda keramik yang dibakar dan juga untuk membuat sap di dalam tungku. 2. Tiang penyangga/*posts/props* Tiang penyangga berfungsi sebagai penyangga atau penopang plat (*shelves*) yang disusun dalam tungku untuk alas benda keramik 3. *Stilt* *Stilt* dipergunakan untuk menyangga benda keramik yang diglasir pada bagian bawahnya. 4. Kapsel Kapsel berfungsi untuk melindungi benda keramik yang dibakar agar tidak terkena api secara langsung, 5. *Tile setters* Alat yang berbentuk rak digunakan secara khusus untuk menyangga benda keramik berupa tile/tegel. 6. *Plate setters* Alat yang berbentuk rak digunakan khusus untuk menyangga benda keramik berupa piring dan cawan.	Apabila 5 jawaban disebutkan dengan benar	4
		Apabila 4 jawaban disebutkan dengan benar	3
		Apabila 3 jawaban disebutkan dengan benar	2
		Apabila 2 jawaban disebutkan dengan benar	1

No Soal	Kunci jawaban	Deskriptor	Skor
5	• Kapsel digunakan ketika membakar benda keramik yang tidak boleh terkena api langsung atau berpotensi meleleh/membahayakan tungku atau benda di sebelahnya. • *Stilt* digunakan untuk menyangga benda berglasir pada bagian bawah	Apabila 2 jawaban benar	4
		Apabila 1 jawaban benar dan 1 jawaban kurang tepat	3
		Apabila 2 jawaban kurang tepat	2
		Apabila jawaban salah	1

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \text{ x } 10$$

3. Penilaian Keterampilan

Penilaian portofolio

Penugasan

Kumpulkanlah semua pekerjaan: lembar pengamatan, hasil wawancara/menanya kepada narasumber, lembar eksperimen, lembar penelusuran informasi, dan hasil diskusi maupun presentasi dalam sebuah stofmap. Sertakan juga alamat *blog* Anda jika Anda berbagi lewat *blog* atau media internet.

Lembar penilaian

No	Aspek yang Dinilai	Skor (1-4)
1	Kelengkapan portofolio	
2	Keruntutan portofolio	
3	Kerapian portofolio	
4	Penyajian lewat media internet (blog)	

Rubrik penilaian

1 Kelengkapan portofolio.
  - 4 Portofolio disusun dengan sangat lengkap
  - 3 Portofolio disusun dengan lengkap
  - 2 Portofolio disusun dengan cukup lengkap
  - 1 Portofolio disusun dengan kurang lengkap

2 Keruntutan portofolio.
  - 4 Portofolio disusun secara sangat runtut
  - 3 Portofolio disusun secara cukup runtut
  - 2 Portofolio disusun secara kurang runtut
  - 1 Portofolio disusun secara tidak runtut

3 Kerapian portofolio
  - 4 Portofolio disusun dengan rapi
  - 3 Portofolio disusun dengan cukup rapi
  - 2 Portofolio disusun dengan kurang rapi
  - 1 Portofolio disusun dengan tidak rapi

4 Penyajian lewat media internet (*blog*)
  - 4 Ada penyajian lewat media internet dan menarik
  - 3 Ada penyajian lewat media internet tetapi kurang menarik
  - 2 Ada penyajian lewat media internet tetapi tidak menarik
  - 1 Tidak ada penyajian di internet.

Pedoman Penilaian

Skor maksimal : (4 x 4) = 16

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

G. Refleksi

Setelah mempelajari unit 2, lakukan refleksi terhadap apa yang Anda pelajari dengan menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Manfaat apa yang Anda peroleh setelah mempelajari materi ini?
2. Apakah yang akan Anda lakukan untuk memperluas pengetahuan Anda tentang materi ini?
3. Sikap positif apa yang Anda rasakan setelah mempelajari materi ini?
4. Bagaimana Anda akan berbagi pengetahuan dengan teman dan orang lain setelah mempelajari materi ini?

H. Referensi

……………1998. *Clay, Glazes, Kilns, Machenery and Equipment*. England: Pot Clay Ltd.

……………..*Tungku dan Pembakaran*. Bandung: Balai Besar Keramik.

Ambar Astuti, Dra., MA. 1997. *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Cosentino, Peter. 1998. *The Encyclopedia of Pottery Techniques*. London: Quatro Publishing plc.

Chavaria, Joaquim. 1991. *Ceramics Class-Glazing Techniques*. New York: Watson Guptill Publicatins.

Hammer, Frank and Janet. 1986. *The Potters Dictionary of Materials and Techniques*. London: A & C Black.

Jones, Melanie. 1994. *Pottery: A Step by Step Guide to the Craft of Pottery*. London: Merehurst limited.

Nelson, G.C., (1984) *Ceramics: A Potter Handbook*. New York CBS College Publishing.

PT. Prasidha. 1992/1993. *Keterampilan Kerajinan Keramik*. Jakarta: Depdikbud, Dikdasmen, Dit. Dikmenjur.

Rhodes, Daniel. 1968. *Kilns, Design, Construction and Operation*. New York: Pitman Publishing.

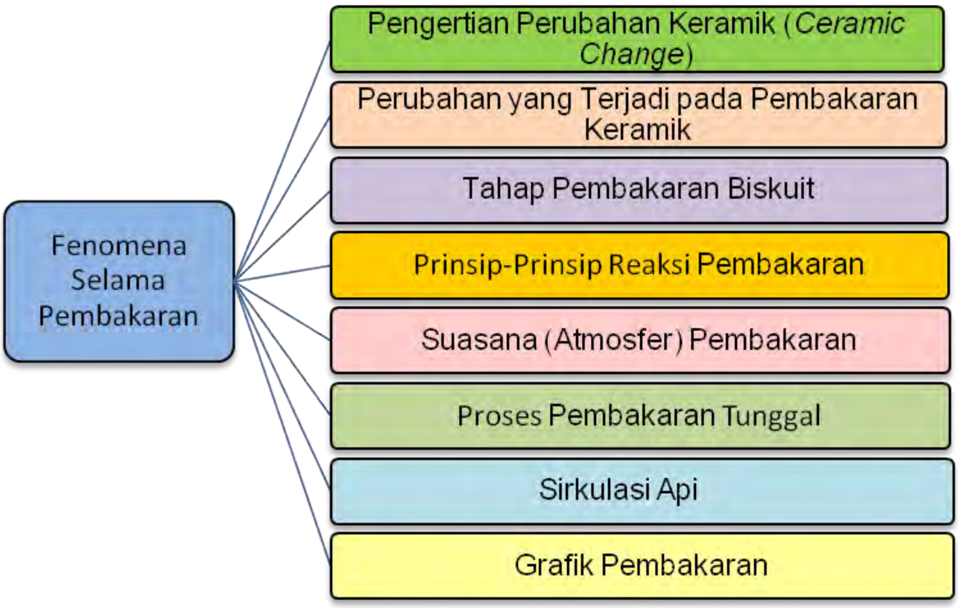
Taufiq Ekoyanto. 2011. Tanah Gerabah Kasongan: Pengembangan Pembelajaran Kriya Keramik di SMK. Yogyakarta: Studio Keramik Publishing.

Wahyu Gatot Budiyanto. 2008. Buku Sekolah Elektronik: Kriya Keramik. Jakarta: Depdiknas.

Zakin, Richard. 1981. *Electric Kiln Ceramics-A Potter's Guide to Clay and Glazes*. Pennsylvania: Chilton Book Company.

UNIT 3. FENOMENA SELAMA PEMBAKARAN

A. Ruang Lingkup Pembelajaran



B. Tujuan

1. Menunjukkan sikap cermat, teliti dan tanggungjawab dalam mengindentifikasi kebutuhan alat, bahan, dan produk keramik dalam pembakaran benda keramik
2. Menjelaskan pengertian perubahan keramik (*ceramic change*) dengan benar.
3. Menjelaskan perubahan yang terjadi pada pembakaran keramik dengan cermat.
4. Menjelaskan tahap pembakaran biskuit dengan runtut dan benar.
5. Menjelaskan prinsip-prinsip reaksi pembakaran dengan benar.
6. Mendiskripsikan suasana (atmosfer) pembakaran dengan benar.
7. Mendiskripsikan proses pembakaran tunggal dengan benar.
8. Menjelaskan sirkulasi api dengan benar.
9. Mendiskripsikan grafik pembakaran dengan benar.

C. Kegiatan Belajar

1. Mengamati

Kita akan kembali mengamati benda-benda keramik yang ada di sekitar kita. Setelah Anda mengetahui bagaimana sejarah pembakaran keramik, Anda juga harus mengetahui fenomena apa yang terjadi ketika tanah liat dibakar.

a. Amatilah baik-baik produk keramik yang sama antara kondisi mentah dan yang telah dibakar di lokasi kerajinan keramik atau di kelas praktek yang Anda lakukan!

Tabel pengamatan 1

No	Yang Diamati	Hasil Pengamatan	
		Keramik Mentah	Keramik telah Dibakar
1	Warna		
2	Bentuk		
3	Kekerasan		
4	Ukuran		
5	Efek suara bila diketuk		

Informasi apa yang Anda peroleh dari pengamatan di atas?

b. Perhatikan video tentang proses pembakaran keramik yang ditayangkan. Deskripsikan dengan kalimat Anda sendiri apa yang terjadi setelah tanah liat/benda keramik dibakar?

Salah satu video yang disarankan:

http://www.youtube.com/watch?v=TVkHzh3gF18



Lembar pengamatan video

Judul Video	
Jenis Tungku	
Tahapan pembakaran	
Perubahan pada benda yang terjadi	
Hal-hal menarik lainnya	

c. Amati tungku keramik di sekolah Anda. Deskripsikan termasuk jenis apa tungku tersebut!

Tabel pengamatan 2

Hal yang Diamati	Hasil Pengamatan
Bahan bakar	
Sirkulasi api	
Suasana pembakaran	

2. Menanya

Setelah Anda mengamati beberapa produk, tungku, maupun video tentunya banyak sekali informasi yang ingin Anda ketahui lebih lanjut. Pernahkah Anda berbincang-bincang dengan pembuat batu bata, genting, atau kerajinan keramik di daerah tempat Anda tinggal atau dengan seseorang yang ahli di bidang gerabah/keramik di sekitar Anda. Cobalah ajukan beberapa pertanyaan mengenai hal-hal berikut!

a. Tahap-tahap pembakaran dengan tungku tersebut
b. Sirkulasi api
c. Hasil pembakaran dengan tungku tersebut
d. Sifat-sifat benda setelah dibakar

Catatlah hasil wawancaramu dalam jurnal yang Anda lakukan/buku!

Lembar hasil wawancara 1

Lokasi kerajinan keramik	
Tahap-tahap pembakaran	
Sirkulasi api	
Hasil pembakaran	
Sifat benda setelah dibakar	

3. **Mengumpulkan data/mencoba/eksperimen.**

Setelah Anda mencari informasi dari pengamatan dan bertanya pada orang yang mengerti keramik, tentunya ada sumber lain yang sangat penting untuk lebih melengkapi informasi yang telah Anda dapatkan, yaitu buku, internet, dan pengalaman pribadi berkaitan dengan fenomena selama pembakaran. Gali informasi yang lebih dalam melalui buku referensi, internet, mampu pengalaman pribadi Anda atau orang lain.

a. Carilah informasi dari perpustakaan dan internet tentang fenomena selama pembakaran.
b. Carilah informasi dari berbagai sumber bagaimana cara pembakaran produk-produk keramik secara tradisional di Indonesia!

Lembar penelusuran sumber belajar

No	Informasi	Uraian
1.	Pengertian Perubahan Keramik (*Ceramic Change*)	
2.	Perubahan yang Terjadi pada Pembakaran Keramik	
3.	Tahap Pembakaran Biskuit	
4.	Prinsip-Prinsip Reaksi Pembakaran	
5.	Suasana (Atmosfer) Pembakaran	
6.	Proses Pembakaran Tunggal	
7.	Sirkulasi Api	
8.	Grafik Pembakaran	

4. Mengasosiasikan/mendiskusikan

Agar informasi yang Anda dapatkan semakin akurat, diskusikan data-data yang diperoleh dengan teman dalam satu kelompok dan rangkum hasil diskusimu!

a. Diskusikan dengan teman dalam sebuah kelompok kecil tentang hasil penelusuran informasi fenomena selama pembakaran keramik dari buku atau internet.
b. Tulislah hasil diskusi Anda tersebut dalam jurnal/buku!

5. Mengkomunikasikan/menyajikan/membentuk jaringan

Berbagi informasi membuat apa yang kita ketahui menjadi bermanfaat bagi orang lain. Paparkan data-data yang Anda miliki di depan teman-teman, kemudian paparkan juga kepada masyarakat banyak melalui *blog*-mu!

a. Kumpulkan hasil pengamatan, hasil menanya, hasil penelusuran informasi, maupun diskusi di depan kelas menjadi tulisan atau kumpulan informasi yang sistematis.
b. Paparkanlah hasil pengamatan, hasil menanya, hasil penelusuran informasi, maupun hasil diskusi di depan kelas kepada Bapak/Ibu guru maupun teman sekelas mengenai fenomena setelah pembakaran.
c. Bagilah informasi yang telah Anda dapatkan kepada orang lain melalui media sosial maupun *blog* pribadimu!

D. Penyajian Materi

1. Pengertian Perubahan Keramik (*Ceramic Change*)

Pembakaran adalah suatu reaksi yang cepat antara oksigen dengan bahan bakar yang menghasilkan panas sebagai akibat reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen. Oksigen yang berasal dari udara mempunyai bagian volume sebesar 21%, nitrogen 78%, dan molekul-molekul gas lainnya 1%. Beberapa faktor yang akan sangat menentukan keberhasilan proses pembakaran antara lain:

a. Jenis tungku pembakaran.
b. Kompor pembakar.
c. Cara pengoperasian, dan
d. Bahan bakar.

Perubahan pertama yang terjadi pada tanah liat ketika dibakar ialah hilangnya air bebas. Khusus untuk tanah liat sekunder akan diikuti oleh terbakarnya bahan-bahan organik lain, seperti humus, daun, dan

ranting yang terdapat di dalam tanah liat. Pada perubahan selanjutnya kandungan air kimia akan hilang.

Tanah liat primer dan sekunder mengandung silika bebas dalam bentuk pasir, kwarsa, flint, dan kristal. Silika adalah subyek untuk mengubah bentuk dan volume tanah liat pada suhu tertentu. Beberapa perubahan bersifat tetap (konversi) dan yang lain bersifat dapat berubah kembali (inversi). Agar tanah liat dapat berubah menjadi keramik harus melalui proses pembakaran dengan suhu melebihi 600ºC. Setelah melalui suhu tersebut tanah liat akan mengalami perubahan menjadi suatu mineral yang padat, keras, dan permanen. Perubahan ini disebut *ceramic change* atau perubahan keramik yang terjadi pada suhu 573^{o}C. Tanah liat yang dibakar kurang dari 600ºC belum memiliki kematangan secara tepat walaupun sudah mengalami perubahan keramik. Kematangan tanah liat atau vitrifikasi adalah kondisi keramik yang telah mencapai suhu kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk. Pada pembakaran di bawah suhu 800ºC, mineral silika bebas seperti mineral karbonat akan berubah pula. Hal ini merupakan akibat dari terbakarnya semua unsur karbon, disebut dengan proses kalsinasi. Perubahan fisika terjadi di atas suhu 800ºC, yaitu pada saat bahan-bahan alkali bertindak sebagai '*flux'* atas silika dan alumina yang membentuk sebuah jaringan kristal (mulia) dan gelas yang mengikat bahan-bahan yang tidak dapat dilarutkan menjadi suatu massa yang kuat (pembakaran biskuit). Saat tanah liat dibakar pada suhu 1300ºC, beberapa perubahan akan terjadi, misalnya badan menjadi lebih keras ketika mendingin dan menjadi kedap air. Tanah liat tersebut telah mengalami proses 'vitrifikasi', artinya sebagian besar material, khususnya silika telah menggelas, memasuki pori-pori, dan mengikat semua partikel tanah liat dengan membentuk ikatan yang dikenal dengan ikatan 'alumina silika hidroksida'. Proses vitrifikasi ini dapat disertai dengan penyusutan volume yang menunjukkan bahwa, semakin tinggi suhu bakar semakin besar penyusutan tetapi semakin rendah porositasnya. Dengan kata lain benda berubah menjadi semakin padat dan kedap air. Tanah liat yang belum mengalami proses vitrifikasi pada suhu tinggi (1300ºC) dapat digolongkan ke dalam jenis tanah liat 'tahan api' (*refractory clay*).



Gambar 33. Benda keramik mencapai kematangan
(Sumber: http://activerain.com)

Setiap tanah liat dapat dilebur bila suhu bakarnya cukup. Idealnya setiap jenis tanah liat mempunyai titik vitrifikasi tanpa terjadi perubahan bentuk (deformasi). Dalam praktik, vitrifikasi seringkali diikuti dengan perubahan bentuk. Kematangan (vitrifikasi) adalah kondisi keramik yang telah mencapai kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk. Hal ini ditentukan oleh peleburan bahan-bahan feldspatik dan kwarsa bebas dalam badan keramik, yang berfungsi sebagai pelekat partikel-partikel tanah liat, sehingga setelah proses pendinginan partikel-partikel tanah tersebut seolah-olah direkatkan satu sama lain membentuk badan keramik yang keras. Suhu matang tanah liat memiliki jarak antara (range) yang cukup besar, biasanya antara 950°C-1200° C. Misalnya tanah liat *earthenware* dari lokasi tertentu memiliki suhu matang antara 950°C-1050°C, artinya jika dibakar di bawah suhu 950°C, tanah liat tersebut belum mengalami perubahan keramik secara sempurna. Sebaliknya jika dibakar melebihi suhu 1050°C, tanah liat akan mengalami perubahan bentuk atau bahkan meleleh. Hal ini terjadi karena adanya tegangan-tegangan pada bagian benda yang terlemah akibat dari meleburnya mineral-mineral tanah liat. Perubahan warna api, suhu, dan kondisi yang terjadi pada tanah liat saat proses pembakaran, ditunjukkan pada tabel 2.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembakaran:

- Jangan membakar tanah liat terlalu cepat karena tanah liat akan meledak berkeping-keping atau retak-retak. Hal ini disebabkan tidak cukup waktu bagi air plastisitas untuk menguap.

- Proses pendinginan jangan dilakukan secara cepat, karena tanah liat mengalami perubahan volume yang seringkali sangat mendadak. Pendinginan mendadak menyebabkan satu permukaan akan lebih panas daripada permukaan lain, sehingga pada saat satu volume berubah volume yang lain belum berubah. Faktor inilah yang menyebabkan tanah liat yang dibakar menjadi pecah. Oleh karena itu, sebaiknya proses pendinginan harus dilakukan selambat dan semerata mungkin untuk mencegah pecahnya barang. Kesalahan ini akan jarang terjadi bila tungku tidak dibuka sebelum suhu di dalam tungku mencapai 100^{o}C.

Tabel 2. *Heatworkchart*: Perubahan bentuk material keramik oleh panas.

WARNA API	CONE	°C	DESKRIPSI
putih	14	1400°	Porselen: cone 10-13
kuning	10	1300°	*Stoneware*: cone 8-10
	6	1200°	Glasir bakaran menengah: cone 2-7
	04	1100°	Bakaran rendah/*earthenware*: cone 015-1
Kuning-oranye		1000°	
	010	900°	Partikel lempung mulai matang/*vitrify*
		800°	Proses pematangan dimulai.
merah	018	700°	Panas merah pijar.
Merah gelap		600°	
		500°	573° C, inversi kuarsa dari bentuk alfa menjadi beta.
		400°	Dari 480-700°C, *penguapan air kimia.*
		300°	Dari 300-800°C, material yang mengandung karbon mulai terbakar
.		200°	220°C, ekspansi kristobalit
hitam		100°	Penguapan air.

(Sumber: www.users.stlcc.edu)

2. Perubahan yang Terjadi pada Pembakaran Keramik

Bila tanah liat dipanaskan mulai dari suhu awal sampai suhu akhir pembakaran, maka akan terjadi perubahan fisika, kimia, maupun fase mineral secara serempak atau sendiri-sendiri. Secara keseluruhan, proses pembakaran dapat dibagi menjadi 3 (tiga) tingkatan, yaitu tahap **pengeringan, pemanasan pendahuluan**, dan **pembakaran**:

a. Tahap Pengeringan

Pada tahap ini terjadi penguapan air mekanis, yaitu sisa air pembentukan atau yang terikat karena kelembaban udara. Jumlah air yang terkandung dalam tanah liat (massa badan benda) tergantung dari :

1) Cara pembentukan benda,
2) Pengeringan sebelum dibakar,
3) Jenis tanah liat yang digunakan.

Bila pengeringan sebelumnya kurang efektif, apalagi jika pembentukannya dengan cara basah, maka kandungan airnya tinggi. Pada massa badan dengan butiran yang halus akan menyerap lebih banyak air. Demikian juga pada berbagai jenis tanah liat yang berbeda akan menyerap air yang berbeda, dan melepaskannya pada suhu yang berbeda pula. Selain faktor tersebut di atas, kelembaban udara juga akan mempengaruhi kadar air keramik mentah (massa badan benda). Bila dibiarkan dalam ruangan yang lembab, keramik mentah akan menyerap uap air dari udara sampai mencapai kondisi seimbang. Benda keramik mentah akan dinyatakan kering bila kadar airnya kurang dari 5%. Untuk menentukan berapa suhu berakhirnya tahap pengeringan ini sangatlah sulit. Namun umumnya suhu 50°C dianggap sebagai suhu akhir tahap pelepasan air mekanis, atau tahap terjadinya penyusutan. Agar pengeluaran air dapat berlanjut dan tidak membahayakan benda keramik mentah karena susut, maka kenaikan suhu harus dijaga dan tidak boleh terlalu cepat.

b. Pemanasan Pendahuluan

Pada tahap ini terjadi pembakaran kimia, yaitu proses pelepasan air kristal, penguraian menjadi oksida-oksida dan oksidasi. Tahap ini secara normal dianggap mulai dari 300°C sampai 800°C. Reaksi kimia yang umum terjadi pada periode ini adalah:

1) Dekomposisi (penguraian) dari garam-garam sulfat atau karborat menjadi oksida-oksida basa, serta penguraian komponen tanah liat menjadi oksida-oksidanya. Di sini oksida basa dan asam mulai bereaksi. Bila jumlah basa cukup, maka akan menurunkan titik lebur senyawa silika dan mulai terbentuk gelas.
2) Oksidasi terjadi pada periode ini, komponen yang paling mudah teroksidasi adalah karbon, sulfur dan besi.

c. Tahap Pembakaran

Tahap pembakaran penuh merupakan reaksi-reaksi fisika dan kimia yang telah dimulai sebelumnya dan akan berlangsung terus dengan kecepatan yang lebih tinggi. Pada tahap ini terjadi rekasi-reaksi rekombinasi, peleburan sebagian dan dekristalisasi. Bila suhu dinaikkan lagi atau waktunya lebih lama, hasil peleburan akan menembus ke pori-pori yang lebih dalam dan menghasilkan bahan padat.

3. Tahap Pembakaran Biskuit

Perubahan yang terjadi dalam pembakaran barang-barang keramik akan tergantung dari komposisi campuran bahan yang dipakai untuk badan keramik, suhu pemanasan dan kondisi pembakaran/suasana pembakaran (oksidasi, reduksi dan netral). Secara keseluruhan pembakaran biskuit dapat dibagi menjadi empat tahap yaitu:

a. Tahap penguapan (*water smoking*): yaitu tahapan pelepasan air mekanis. Untuk menetapkan suhu berakhirnya tahap pengeringan sangatlah sulit, tetapi suhu 150^{o}C dianggap sebagai suhu akhir tahap pelepasan air mekanis.

b. Tahap dehidrasi: pada tahap ini pembakaran dilakukan secara perlahan-lahan, karena pembakaran yang terlalu cepat akan mengakibatkan benda-benda keramik meledak/pecah. Air yang terkombinasi secara kimia dilepaskan dari badan keramik pada suhu antara 200^{o}C dan 460^{o}C.

c. Tahap oksidasi: tahap ini terjadi pada suhu antara 400^{0}C-1100^{0}C. Saat tanah liat dibakar, sementara proses oksidasi kandungan karbon tak sempurna maka akan mengakibatkan timbulnya bintik-bintik hitam dan lubang-lubang kecil pada permukaan badan keramik. Hal ini akan berdampak pula pada gerakan dan panas glasir yang menjadi tidak merata.

d. **Tahap vitrifikasi:** tahap pematangan badan keramik dan berlangsung pada suhu sekitar 900^{0}C. Pada tahap ini terjadi peleburan dan rekristalisasi. Bila suhunya dinaikkan lagi, leburan akan menembus ke pori-pori yang lebih dalam dan menghasilkan bahan padat. Pada tahap ini, *flux* akan bereaksi dengan tanah liat dan cenderung melunak, dan akhirnya bila suhunya naik di atas titik vitrifikasi, maka akan keluar gas sehingga muncul gelembung yang mengakibatkan pelepuhan. Hal ini dikarenakan *flux* dalam badan keramik mendidih.

e. **Tahap *soaking*:** proses mempertahankan suhu pembakaran pada titik tertentu beberapa saat (*soaking period*) agar reaksi-reaksi yang terjadi merata pada seluruh bagian keramik. Apabila proses *soaking period* dianggap telah cukup, tungku dapat dimatikan dan didinginkan dalam waktu yang cukup atau minimal selama 18 jam. Setelah tungku dingin, dan suhu telah mencapai di bawah 100^{o}C, tungku dapat dibuka sedikit, beberapa saat kemudian barang-barang dapat dibongkar/dikeluarkan.

4. Prinsip-Prinsip Reaksi Pembakaran

Bahan bakar kayu, arang, minyak untuk pembakaran keramik merupakan bahan bakar yang mengandung karbon dan akan bereaksi dengan oksigen (udara) sehingga membangkitkan panas. Yang utama dalam reaksi pembakaran ini adalah bagaimana mengalirkan udara (mengandung oksigen) secukupnya pada bahan bakar yang mengandung karbon. Pada prinsipnya, sebelum proses pembakaran terjadi, bahan bakar yang berbentuk padat (kayu dan arang) maupun cairan (minyak) harus berubah menjadi gas agar dapat menimbulkan panas.

Perubahan bahan bakar menjadi gas hanya akan terjadi apabila suhu pembakaran naik. Semakin tinggi suhu, maka semakin cepat terjadi proses pembakaran. Selama proses pembakaran berlangsung perlu ada pengendalian dalam hal berikut:

a. **Temperatur**. Temperatur atau suhu selama proses pembakaran dapat diukur dengan termokopel dan pirometer yang terpasang dalam tungku pembakaran.

b. **Kecepatan Kompor Pembakar (*Burner*)**. Kecepatan pembakaran dapat diatur dengan menambah atau mengurangi jumlah bahan bakar dalam ruang pembakaran dengan mengatur kran bahan bakar. Dengan menambah bahan bakar, udara yang masuk dan diperlukan untuk pembakaran harus ditambah sehingga ada

keseimbangan. Kecepatan pembakaran dapat dikontrol melalui termokopel atau pirometer dan disesuaikan dengan trayek pembakaran yang direncanakan.

c. **Waktu**. Waktu yang dibutuhkan dalam proses pembakaran ditentukan oleh tiga faktor, yaitu tinggi rendahnya suhu pembakaran yang akan dicapai, kecepatan kenaikan suhu, dan yang penting kapasitas tungku pembakaran. Makin besar kapasitas tungku pembakaran makin lama waktu yang diperlukan untuk pembakaran.
d. **Tarikan Cerobong**. Tarikan cerobong diatur oleh skep atau damper yang dipasang antara tungku dan cerobong. Tarikan cerobong akan mempengaruhi efisiensi pemakaian bahan bakar dan kenaikan suhu. Bila tarikan cerobong terlalu tinggi/cepat gas panas tidak memiliki cukup waktu untuk memberikan panas kepada benda keramik sehingga dibutuhkan bahan bakar yang lebih banyak untuk dapat menaikkan suhu. Kalau tarikan cerobong terlalu kecil/rendah maka pembakaran tidak lancar dan panas tidak merata.
e. **Suasana pembakaran**. Suasana pembakaran yang dimaksud adalah oksidasi, reduksi, atau netral. Suasana oksidasi akan terjadi bila udara yang diperlukan untuk pembakaran berlebihan dibanding dengan bahan bakar, reduksi akan terjadi apabila udara yang dibutuhkan kurang sedangkan netral akan terjadi bila udara dan bahan bakar seimbang.

5. Suasana (Atmosfer) Pembakaran

Suasana pembakaran termasuk hal yang perlu dikendalikan selama proses pembakaran. Untuk menghasilkan produk yang diinginkan maka kita harus mengatur atmosfer pembakaran secara tepat. Karena pentingnya hal ini maka atmosfer pembakaran mendapat perhatian khusus. Ada 3 jenis suasana pembakaran yaitu oksidasi, reduksi, dan netral.

a. Pembakaran oksidasi

Adalah suatu proses pembakaran dimana jumlah oksigen yang dibutuhkan berlebihan, artinya semua unsur bahan bakar terbakar habis, tetapi dalam gas hasil pembakaran masih terkandung oksigen. Pada pembakaran oksidasi nyala api cenderung lebih pendek dan lebih jernih.

b. Pembakaran reduksi atau disebut pembakaran tak sempurna

Adalah suatu proses pembakaran dimana jumlah oksigen yang dibutuhkan kurang dan didalam gas hasil pembakaran masih mengandung unsur bahan bakar, sehingga kekurangan oksigen ini

diambil dari oksigen yang ada pada benda yang dibakar. Nyala api cenderung lebih panjang dan kadang-kadang berasap (hitam).



Gambar 34. Hasil pembakaran glasir dengan suasana reduksi
(Sumber: potteryblog.com)

c. **Pembakaran netral**

Pembakaran netral merupakan proses pembakaran yang berlangsung dengan sempurna. Pada pembakaran ini, perbandingan jumlah molekul bahan bahan bakar terbakar habis dan tak ada kelebihan oksigen. Pembakaran akan berlangsung sempurna bila perbandingan antara jumlah molekul bahan bakar dan oksigen tepat.



Gambar 35. Pembakaran dengan suasana oksidasi
(Sumber: www.glazetechnology.com)

6. Pembakaran Tunggal (*Single firing*)

Pembakaran ini berkaitan dengan pembakaran glasir. Ada dua cara untuk melapisi benda keramik dengan glasir. Pertama, glasir dilapiskan pada benda keramik yang sudah dibakar biskuit dan dibakar kembali untuk mematangkan glasir dan biskuitnya. Kedua, glasir dilapiskan pada benda mentah (belum dibakar), artinya pematangan glasir sekaligus dilaksanakan bersama dengan pematangan tanah liat. Cara kedua ini disebut dengan pembakaran tunggal (*single firing*). Bahan glasir yang digunakan adalah bahan-bahan glasir temperatur rendah atau temperatur menengah. Suhu bahan glasir disesuaikan dengan suhu matang tanah liat yang melapisi. Pada prinsipnya, bahan glasir untuk benda yang telah dibakar biskuit dengan benda mentah (belum dibakar) sama. Faktor yang lebih esensi adalah bahwa glasir harus melekat dengan baik pada badan benda tanpa mengelupas. Pengglasiran pertama dilakukan pada bagian dalam benda, dan selanjutnya bagian luar. Pengglasiran dilakukan dengan cepat, dan hati-hati pada waktu mengangkat/memegang, harus dilakukan dengan hati-hati sebab kekuatan benda mentah sangat tergantung pada kekuatan tanah liat.

Seringkali terjadi keretakan/pecah begitu proses pengglasiran selesai.

a. Proses Pembakaran Tunggal

Pada prinsipnya proses pembakaran tunggal sama dengan proses pembakaran biskuit. Sedangkan prinsip penyusunan benda mentah berglasir sama dengan cara menyusun benda biskuit berglasir. Pembakaran awal harus dilakukan dengan sangat hati-hati, dan dilaksanakan sama seperti pada tahap-tahap pembakaran biskuit. Selama pembakaran diperlukan lubang-lubang ventilasi secukupnya untuk memberi jalan keluar bagi gas hidrokarbon dari badan benda. Pembakaran tunggal merupakan pembakaran kombinasi antara pembakaran biskuit dan pembakaran glasir, sehingga memerlukan waktu yang lama, apabila dibandingkan dengan hanya pembakaran biskuit. Interaksi antara badan dan glasir akan menjadi lebih besar dibandingkan pengglasiran pada benda biskuit, karena badan keramik akan banyak menyerap glasir.

b. Keuntungan dan Kerugian

Keuntungan pembakaran tunggal adalah:

1) Efisien dari segi penggunaan bahan bakar, baik dengan bahan bakar minyak, gas atau energi listrik.
2) Biaya operasional dapat ditekan, sangat berbeda bila dilakukan dengan pembakaran dua kali.
3) Tungku cenderung lebih awet.

Kerugian pembakaran tunggal adalah:

1) Bila benda mentah berglasir tidak dibakar sesuai prosedur, maka gas terlepas dengan sempurna, gas tadi dapat menguap dan menembus/membelah lapisan glasir. Bila ini terjadi akan timbul belang-belang yang disebut *crawling*.
2) Bila pada pembakaran awal bendanya pecah, dan pecahan menyebar di sekelilingnya, maka pecahan akan menempel pada benda lain ketika glasir telah menjadi matang.
3) Kerusakan yang disebabkan teknik *single firing* adalah: glasir meloncat, badan menggelembung, dan terdapat gelembung-gelembung udara di dalam glasir.

7. Sirkulasi Api

Praktik pembakaran keramik sangat berkaitan erat dengan jenis tungku yang digunakan, termasuk sirkulasi api (aliran api). Yang dimaksud dengan sirkulasi api adalah jalannya aliran gas panas dari ruang pembakaran, tempat gas panas tersebut dihasilkan hingga ke cerobong kemudian dikeluarkan. Ada tiga jenis sirkulasi api pada tungku pembakaran, yaitu seperti diuraikan di bawah ini.

a. Sirkulasi api naik (*up draft kiln*)

Gas panas dihasilkan dari ruang bakar di bagian bawah dan mengalir ke ruang pembakaran di atasnya sehingga memanaskan benda-benda keramik, kemudian keluar dari cerobong di bagian atas.

b. Sirkulasi api datar (*horizontal/cross draft kiln*)

Gas panas mengalir dari ruang bakar kemudian masuk ke ruang pembakaran yang sejajar dengan lantai, dan memanaskan benda-benda keramik, kemudian keluar melalui bagian bawah cerobong.

c. Sirkulasi api berbalik *(down draft kiln*)

Gas panas dari ruang bakar mengalir ke atas karena ada dinding api/jembatan api (*bag wall*). Gas tersebut kemudian menyentuh atap tungku dan berbalik ke bawah untuk memanasi benda-benda keramik serta mengalir ke saluran di bawah lantai tungku (kanal) dan ke luar melalui cerobong.

8. Grafik Pembakaran

Suhu bakar keramik berkaitan langsung dengan suhu kematangan, yaitu keadaan benda keramik yang telah mencapai kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk. Agar tanah liat dapat berubah menjadi keramik, maka tanah liat yang telah dibentuk tersebut harus melalui proses pembakaran dengan suhu melebihi 600ºC, yang membuat tanah liat mengalami perubahan menjadi suatu mineral yanga padat, keras, dan permanen. Perubahan ini disebut *ceramic change* atau perubahan keramik. Suhu kematangan tanah liat atau vitrifikasi adalah kondisi keramik yang telah mencapai suhu kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk. Untuk itu sebelum melaksanakan proses pembakaran, perlu diketahui terlebih dahulu jenis tanah liat yang digunakan untuk membentuk benda keramik. Grafik

pembakaran biskuit, pembakaran glasir *earthenware* dan pembakaran glasir *stoneware* dapat ditunjukkan seperti gambar berikut.



- Pembakaran biskuit
- Pembakaran glasir earthenware
- Pembakaran glasir stoneware

Gambar 36. Grafik pembakaran.
(Sumber: Steve Mattison)

E. Rangkuman

Agar tanah liat dapat berubah menjadi keramik harus melalui proses pembakaran dengan suhu melebihi 600ºC. Setelah melalui suhu tersebut tanah liat akan mengalami perubahan menjadi suatu mineral yang padat, keras dan permanen. Perubahan ini disebut *ceramic change* atau perubahan keramik pada 573^{o}C. Tanah liat yang dibakar kurang dari 600ºC belum memiliki kematangan secara tepat walaupun sudah mengalami perubahan keramik. Kematangan tanah liat atau vitrifikasi adalah kondisi keramik yang telah mencapai suhu kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk.

Secara keseluruhan, proses pembakaran dapat dibagi menjadi 3 (tiga) tingkatan yaitu tahap pengeringan, pemanasan pendahuluan, dan

pembakaran. Tahap pembakaran biskuit terdiri dari tahap penguapan (*water smoking*), tahap dehidrasi, tahap oksidasi, tahap vitrifikasi, dan tahap *soaking*.

Suasana (atmosfer) pembakaran terbagi menjadi oksidasi, reduksi, dan netral.

Sirkulasi api adalah jalannya aliran gas panas dari ruang pembakaran, tempat gas panas tersebut dihasilkan hingga ke cerobong kemudian dikeluarkan. Ada tiga jenis sirkulasi api pada tungku pembakaran, yaitu sirkulasi api naik (*up draft kiln*), sirkulasi api datar (*horizontal/cross draft kiln*), dan sirkulasi api berbalik (*down draft kiln*).

F. Penilaian

1. Penilaian Sikap

Instrumen pengamatan/observasi

Instrumen cermat

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Aktivitas Peserta didik

Peserta didik mengamati tayangan video, sampel benda mentah maupun benda jadi, dan tungku pembakaran.

Lembar observasi

No	Aspek yang dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Mengamati tayangan dengan tekun				
2.	Mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun				
3.	Mencatat semua hasil temuan				
4.	Mengamati benda sampel dengan tekun				
5.	Mengidentifikasi perbedaan benda sampel dengan tekun				
6.	Mencatat hasil identifikasi benda sampel				
7.	Cara menyajikan informasi				
	Jumlah				

Rubrik Penilaian

1. Mengamati tayangan video dengan tekun
   - 4 Selalu mengamati tayangan video dengan tekun
   - 3 Sering mengamati tayangan video dengan tekun
   - 2 Kadang-kadang mengamati tayangan video dengan tekun
   - 1 Tidak pernah mengamati tayangan video dengan tekun
2. Mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
   - 4 Selalu mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
   - 3 Sering mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
   - 2 Kadang-kadang mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
   - 1 Tidak pernah mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
3. Mencatat semua hasil temuan
   - 4 Mencatat semua hasil temuan
   - 3 Mencatat sebagian hasil temuan
   - 2 Mencatat sebagian kecil hasil temuan
   - 1 Tidak mencatat hasil temuan
4. Mengamati benda sampel dengan tekun
   - 4 Selalu mengamati benda sampel dengan tekun
   - 3 Sering mengamati benda sampel dengan tekun
   - 2 Kadang-kadang mengamati benda sampel dengan tekun
   - 1 Tidak pernah mengamati benda sampel dengan tekun
5. Mengidentifikasi perbedaan benda sampel dengan tekun
   - 4 Selalu mengidentifikasi perbedaan benda sampel dengan tekun
   - 3 Sering mengidentifikasi perbedaan benda sampel dengan tekun
   - 2 Kadang-kadang mengidentifikasi perbedaan benda sampel dengan tekun
   - 1 Tidak pernah mengidentifikasi perbedaan benda sampel dengan tekun
6. Mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
   - 4 Selalu mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan

3 Sering mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
2 Kadang-kadang mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan
1 Tidak pernah mencatat semua hasil identifikasi pada sampel pengamatan

7. Cara menyajikan informasi
   4 Informasi disajikan dengan lengkap dan jelas
   3 Informasi disajikan dengan lengkap tetapi kurang jelas
   2 Informasi disajikan jelas tetapi kurang lengkap
   1 Informasi disajikan kurang lengkap dan kurang jelas

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

Instrumen teliti

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Aktivitas Peserta didik

Peserta didik mengamati tayangan video, sampel benda mentah maupun benda jadi, dan tungku pembakaran, menanya kepada ahli, menelusuri informasi dari buku, internet, dan sumber lain.

Lembar observasi

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1	Menemukan informasi kunci tentang tayangan fenomena selama pembakaran				
2	Menemukan informasi kunci yang terkait dengan perubahan benda mentah menjadi benda jadi pada pengamatan dan lain-lain.				

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
3	Menemukan informasi kunci yang terkait alat pembakar (tungku) yang ada di tempat praktek atau ditempat lain.				
4	Mengumpulkan informasi yang diperoleh secara lengkap				
	Jumlah				

Rubrik Penilaian

1. Menemukan informasi kunci yang terkait tentang tayangan fenomena selama pembakaran
   4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait tentang tayangan fenomena selama pembakaran
   3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait tentang tayangan fenomena selama pembakaran
   2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait tentang tayangan fenomena selama pembakaran
   1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait tentang tayangan fenomena selama pembakaran

2. Menemukan informasi kunci yang terkait dengan perubahan benda mentah menjadi benda jadi pada pengamatan dan lain-lain.
   4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait dengan perubahan benda mentah menjadi benda jadi pada pengamatan dan lain-lain.
   3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait perubahan benda mentah menjadi benda jadi pada pengamatan dan lain-lain.
   2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait dengan perubahan benda mentah menjadi benda jadi pada pengamatan dan lain-lain.
   1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait dengan perubahan benda mentah menjadi benda jadi pada pengamatan dan lain-lain.

3. Menemukan informasi kunci yang terkait alat pembakar (tungku) yang ada di tempat praktek atau ditempat lain.
   - 4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait alat pembakar (tungku) yang ada di tempat praktek atau ditempat lain.
   - 3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait alat pembakar (tungku) yang ada di tempat praktek atau ditempat lain.
   - 2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait dengan alat pembakar (tungku) yang ada di tempat praktek atau ditempat lain.
   - 1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait dengan alat pembakar (tungku) yang ada di tempat praktek atau ditempat lain.

4. Mengumpulkan informasi yang diperoleh secara lengkap
   - 4 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara lengkap
   - 3 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara cukup lengkap
   - 2 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara kurang lengkap
   - 1 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara tidak lengkap

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (4 x 4) = 16

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

2. Penilaian Pengetahuan

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan hubungan warna api dalam tungku dengan perubahan material keramik oleh panas!
2. Jelaskan dengan singkat tahap-tahap yang terjadi selama pembakaran biskuit!
3. Apakah perbedaan pembakaran oksidasi dan reduksi? Bagaimana cara memenuhi oksigen yang dibutuhkan pada pembakaran reduksi?
4. Pembakaran dengan tungku listrik sering disebut pembakaran netral. Mengapa demikian?
5. Jelaskan mengenai sirkulasi api dalam tungku pembakaran!

Kunci jawaban

No Soal	Kunci Jawaban				Deskriptor	Skor
1	putih	14	1400°	Porselen: cone 10-13	Apabila 7 atau lebih tahapan disebutkan dengan benar	4
	kuning	10	1300°	*Stoneware*: cone 8-10		
		6	1200°	Glasir bakaran menengah: cone 2-7	Apabila 6-7 tahapan disebutkan dengan benar	3
		04	1100°	Bakaran rendah/*earthenware*: cone 015-1	Apabila 3-5 contoh disebutkan dengan benar	2
		010	900°	Partikel lempung mulai matang/vitrify	Apabila 2-3 contoh yang disebutkan salah	1
			800°	Proses pematangan dimulai.		
			500°	573° C, inversi kuarsa dari bentuk alfa menjadi beta.		

<table>
<tr><th>No Soal</th><th>Kunci Jawaban</th><th>Deskriptor</th><th>Skor</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td></td><td></td><td>400°</td><td>Dari 480-700°C, penguapan air kimia.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>300°</td><td>Dari 300-800°C, material yang mengandung karbon mulai terbakar</td></tr>
<tr><td>gelap</td><td></td><td>100°</td><td>Penguapan air.</td></tr>
</table>
</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="4">a. Tahap Penguapan (water smoking), adalah tahapan pelepasan air mekanis, untuk menetapkan suhu berapa berakhirnya tahap pengeringan sangatlah sulit, tetapi 150^{o}C dianggap sebagai suhu akhir tahap pelepasan air mekanis.

b. Tahap Dehidrasi, pada tahap ini pembakaran dilakukan secara perlahan-lahan karena apabila pada tahap ini tungku terlalu cepat dipanaskan bisa mengakibatkan barang-barang keramik meledak/ pecah. Air yang terkombinasi secara kimia dilepaskan dari badan keramik pada suhu antara 200^{o}C dan 460^{o}C.

c. Tahap Oksidasi, tahap ini terjadi pada suhu berkisar antara 400^{0}C-1100^{0}C. Saat tanah liat dibakar, apabila oksidasi kandungan karbon tak sempurna maka akan mengakibatkan adanya bintik-bintik hitam dan lubang-lubang kecil pada permukaan badan keramik. Hal ini akan berdampak pula pada gerakan dan panas glasir menjadi tidak merata.</td><td>Apabila 5 jawaban contoh disebutkan dengan benar</td><td>4</td></tr>
<tr><td></td><td>Apabila 4-5 jawaban disebutkan dan ada yang salah</td><td>3</td></tr>
<tr><td></td><td>Apabila 2-3 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>2</td></tr>
<tr><td></td><td>Apabila kurang dari 2 jawaban yang disebutkan salah</td><td>1</td></tr>
</table>

No Soal	Kunci Jawaban	Deskriptor	Skor
	d. **Tahap vitrifikasi,** pada tahap pematangan badan keramik ini suhu sekitar 900^0C. Pada tahap ini terjadi peleburan dan rekristalisasi. Bila suhunya dinaikkan lagi, leburan akan menembus ke pori-pori yang lebih dalam dan menghasilkan bahan padat. Pada tahap ini *flux*, akan bereaksi dengan tanah liat dan cenderung melunak, akhirnya bila suhunya diatas titik vitrifikasi akan keluar gas sehingga muncul gelembung yang kemudian melepuh. Hal ini karena *flux* dalam badan mendidih. e. **Tahap *soaking*,** proses pembakaran yang telah cukup temperaturnya perlu dipertahankan beberapa saat (*soaking period*), agar reaksi-reaksi yang terjadi merata pada seluruh bagian keramik. Apabila proses *soaking* period dianggap telah cukup, tungku dapat dimatikan dan didinginkan dalam waktu yang cukup, atau minimal 18 jam. Setelah tungku dingin, dan suhu telah mencapai di bawah 100 0 C, tungku dapat di buka sedikit, beberapa saat kemudian barang-barang dapat dibongkar/dikeluarkan.		
3	Perbedaan pembakaran oksidasi dan reduksi: • Pembakaran oksidasi membutuhkan oksigen berlebih, reduksi membutuhkan oksigen yang kurang/terbatas • Pada pembakaran oksidasi, gas buang masih mengandung oksigen, pada reduksi gas buang mengandung bahan bakar • Pada pembakaran oksidasi nyala api pendek dan jenih, pada reduksi nyala api panjang dan gelap berasap • Kebutuhan oksigen pada pembakaran reduksi dipenuhi oleh unsur oksigen dalam mineral	Apabila 4 jawaban benar	4
		Apabila 3 jawaban benar	3
		Apabila 2 jawaban benar	2
		Apabila 1 jawaban benar	1

No Soal	Kunci Jawaban	Deskriptor	Skor
4	Karena pada tungku listrik antara bahan **bakar (listrik/panas) dan oksigen berada dalam keseimbangan**, tidak ada yang berlebih. Sehingga **pembakarannya berlangsung sempurna.**	Apabila 2 kata kunci atau lebih disebutkan dan benar	4
		Apabila 2 kata kunci disebutkan tetapi ada yang salah	3
		Apabila 1 kata kunci disebutkan	2
		Apabila 0 kata kunci disebutkan	1
5	Sirkulasi api: • Sirkulasi api adalah **jalannya aliran gas panas dari ruang pembakaran, tempat gas panas tersebut dihasilkan hingga ke cerobong kemudian dikeluarkan**. • Ada tiga jenis sirkulasi api pada tungku pembakaran, yaitu **sirkulasi api naik (*up draft kiln*)**, **sirkulasi api datar (*horizontal/cross draft kiln*)**, dan **sirkulasi api berbalik (*down draft kiln*)**.	Apabila pengertian dan jenis disebutkan dan benar	4
		Apabila pengertian dan jenis disebutkan dan ada yang salah	3
		Apabila hanya menjelaskan pengertian atau jenis sirkulasi	2
		Jawaban salah	1

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

3. Penilaian Keterampilan

Penilaian portofolio

Penugasan

Kumpulkanlah semua pekerjaan: lembar pengamatan, hasil wawancara/menanya kepada narasumber, lembar eksperimen, lembar penelusuran informasi, dan hasil diskusi maupun presentasi dalam sebuah map. Sertakan juga alamat *blog*-mu jika Anda berbagi lewat *blog* atau media internet.

Lembar penilaian

No	Aspek yang Dinilai	Skor (1-4)			
		1	2	3	4
1	Kelengkapan portofolio				
2	Keruntutan portofolio				
3	Kerapian portofolio				
4	Penyajian lewat media internet (blog)				
	Jumlah				

Rubrik penilaian

1 Kelengkapan portofolio.
- 4 Portofolio disusun dengan sangat lengkap
- 3 Portofolio disusun dengan lengkap
- 2 Portofolio disusun dengan cukup lengkap
- 1 Portofolio disusun dengan kurang lengkap

2 Keruntutan portofolio.
- 4 Portofolio disusun secara sangat runtut
- 3 Portofolio disusun secara cukup runtut
- 2 Portofolio disusun secara kurang runtut
- 1 Portofolio disusun secara tidak runtut

3 Kerapian portofolio
- 4 Portofolio disusun dengan rapi
- 3 Portofolio disusun dengan cukup rapi
- 2 Portofolio disusun dengan kurang rapi
- 1 Portofolio disusun dengan tidak rapi

4 Penyajian lewat media internet (*blog*)
   4 Ada penyajian lewat media internet dan menarik
   3 Ada penyajian lewat media internet tetapi kurang menarik
   2 Ada penyajian lewat media internet tetapi tidak menarik
   1 Tidak ada penyajian di internet.

Pedoman Penilaian

Skor maksimal : (4 x 4) = 16

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

G. Refleksi

Setelah mempelajari unit 3, lakukan refleksi terhadap apa yang sudah Anda pelajari dengan menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Manfaat apa yang Anda peroleh setelah mempelajari materi ini?
2. Apakah yang akan Anda lakukan untuk memperluas pengetahuan Anda tentang materi ini?
3. Sikap positif apa yang Anda rasakan setelah mempelajari materi ini?
4. Bagaimana Anda akan berbagi pengetahuan dengan teman dan orang lain setelah mempelajari materi ini?

H. Referensi

……………1998. *Clay, Glazes, Kilns, Machenery and Equipment*. England: Pot Clay Ltd.

……………..*Tungku dan Pembakaran*. Bandung: Balai Besar Keramik.

Ambar Astuti, Dra., MA. 1997. *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Cosentino, Peter. 1998. *The Encyclopedia of Pottery Techniques*. London: Quatro Publishing plc.

Chavaria, Joaquim. 1991. *Ceramics Class-Glazing Techniques*. New York: Watson Guptill Publicatins.

Hammer, Frank and Janet. 1986. *The Potters Dictionary of Materials and Techniques*. London: A & C Black.

Jones, Melanie. 1994. *Pottery: A Step by Step Guide to the Craft of Pottery*. London: Merehurst limited.

Nelson, G.C., (1984) *Ceramics: A Potter Handbook*. New York CBS College Publishing.

PT. Prasidha. 1992/1993. *Keterampilan Kerajinan Keramik*. Jakarta: Depdikbud, Dikdasmen, Dit. Dikmenjur.

Rhodes, Daniel. 1968. *Kilns, Design, Construction and Operation*. New York: Pitman Publishing.

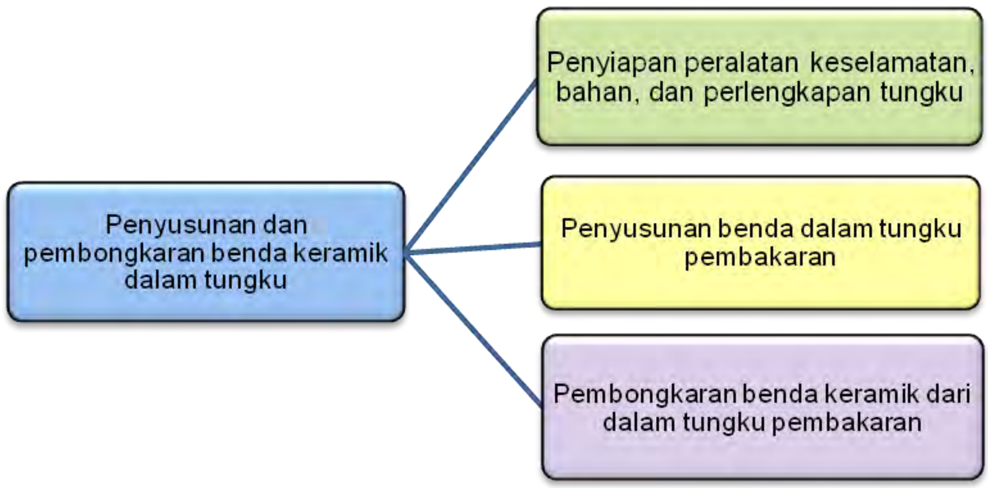
Taufiq Ekoyanto. 2011. Tanah Gerabah Kasongan: Pengembangan Pembelajaran Kriya Keramik di SMK. Yogyakarta: Studio Keramik Publishing.

Wahyu Gatot Budiyanto. 2008. Buku Sekolah Elektronik: Kriya Keramik. Jakarta: Depdiknas.

Zakin, Richard. 1981. *Electric Kiln Ceramics-A Potter's Guide to Clay and Glazes*. Pennsylvania: Chilton Book Company.

UNIT 4. PENYUSUNAN DAN PEMBONGKARAN BENDA KERAMIK DALAM TUNGKU

A. Ruang Lingkup Pembelajaran



B. Tujuan

1. Menelusur dan menemukan informasi penyusunan dan pembongkaran benda di dalam atau dari dalam tungku secara cermat, teliti, dan disiplin.
2. Peduli terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.
3. Menjelaskan cara penyiapan peralata n keselamatan, bahan, dan perlengkapan tungku dengan benar.
4. Menjelaskan cara penyusunan benda dalam tungku pembakaran dengan benar.
5. Menjelaskan cara pembongkaran benda keramik dari dalam tungku pembakaran dengan benar.
6. Menyiapkan peralatan keselamatan, bahan, dan perlengkapan tungku dengan cermat dan teliti.
7. Menyusun benda dalam tungku pembakaran cermat dan teliti.
8. Membongkar benda keramik dari dalam tungku pembakaran cermat dan teliti.

C. Kegiatan Belajar

1. Mengamati

Setelah sebelumnya Anda mengamati tungku yang ada di sekolah, sekarang saatnya Anda mengamati proses membakar dengan tungku pembakaran. Ada 2 materi pengamatan yaitu pengamatan terhadap perajin dan video pembelajaran.

a. Coba amatilah bagaimana para perajin menyusun benda ke dalam tungku pembakaran. Catatlah hal-hal penting bagaimana menyusun benda yang benar!
b. Amati juga bagaimana perajin membongkar hasil bakaran mereka!
c. Apakah mereka mengenakan perlengkapan keselamatan? Bagaimana pendapat Anda?
d. Catat dalam buku/jurnal yang Anda miliki!

Lembar pengamatan

No	Hal yang diamati	Uraian
1	Jenis tungku	
2	Jenis barang yang dibakar	
3	Tahapan menyiapkan tungku, perlengkapan, dan peralatan keselamatan	
4	Tahapan menyusun	
5	Tahapan membakar	
6	Tahapan membongkar	



Gambar 37. Pembakaran produk keramik secara tradisional
(Sumber: koleksi studio keramik)

2. Menanya

Cobalah berbincang-bincang dengan pembuat batu bata, genting, atau kerajinan keramik di daerah tempat tinggal Anda atau dengan seseorang yang ahli di bidang gerabah/keramik di sekitar anda tinggal. Cobalah ajukan beberapa pertanyaan berikut!

a. Tanyakanlah kepada perajin gerabah/keramik di daerahmu mengenai bagaimana mereka menyusun dan membongkar benda keramik dari tungku!
b. Hal-hal apa yang harus diperhatikan agar seluruh benda matang dengan baik?
c. Catatlah hasil wawancaramu dalam jurnal/buku!

Lembar hasil wawancara 1

Aspek yang Ditanya	Uraian
Lokasi kerajinan keramik	
Tahapan menyiapkan tungku, perlengkapan, dan peralatan keselamatan	
Tahapan menyusun	
Hal-hal penting agar keramik matang merata	
…….	

3. Mengumpulkan data/mencoba/eksperimen.

Setelah Anda mencari informasi dari pengamatan dan bertanya pada orang yang mengerti keramik, tentunya ada sumber lain yang sangat penting untuk lebih melengkapi informasi yang Anda dapatkan, yaitu buku, internet, dan pengalaman pribadi berkaitan dengan penyusunan dan pembongkaran. Coba anda gali informasi yang lebih dalam tentang tanah liat melalui buku referensi, internet, pengalaman pribadi. Carilah informasi dari perpustakaan dan internet tentang penyusunan dan pembongkaran keramik.

Lembar penelusuran sumber belajar

No	Informasi	Uraian
1	Cara menyusun benda keramik yang efektif dan efisien	
2	Cara membongkar benda	
3	……..	
4	…......	
5	…….	

4. Mengasosiasi/mendiskusikan

Agar informasi yang Anda dapatkan semakin akurat, diskusikan data-datamu dengan teman satu kelompok dan rangkum hasil diskusimu!

a. Diskusikan dengan temanmu dalam sebuah kelompok kecil tentang hasil penelusuran informasi tanah liat dari buku, internet!
b. Tulislah hasil diskusimu tersebut dalam jurnal/buku!

5. Mengkomunikasikan/menyajikan/membentuk jaringan

Berbagi informasi membuat apa yang kita ketahui bermanfaat juga pada orang lain. Ayo paparkan data-data yang sudah Anda peroleh di depan teman-teman kemudian paparkan juga kepada masyarakat banyak melalui *blog*-mu!

a. Kumpulkan hasil pengamatan, hasil menanya, hasil penelusuran informasi, maupun diskusi di depan kelas menjadi tulisan atau kumpulan informasi yang sistematis.

b. Paparkanlah hasil pengamatan, penelusuran informasi, maupun diskusi di depan kelas kepada guru dan teman-temanmu:
   - Penyiapan
   - Penyusunan
   - Pembongkaran

c. Bagilah informasi yang telah Anda dapatkan kepada orang lain melalui media sosial maupun *blog* pribadi Anda!

D. Penyajian Materi

Pembakaran benda keramik merupakan tahapan cukup kritis untuk mengubah benda mentah (*greenware*) menjadi benda keramik matang yang keras. Salah satu kemampuan yang perlu dikuasai sebelum membakar benda keramik adalah penyusunan dan pembongkaran benda dari tungku. Sebelum melakukan penyusunan benda dalam tungku sebaiknya kita memahami sifat benda yang akan disusun. Benda mentah kondisinya cukup rapuh sehingga cara memegang, memindahkan, dan menempatkan benda harus diperhitungkan benar agar benda mentah tersebut tidak retak, atau pecah berkeping-keping sebelum dibakar. Sebaiknya Anda juga perlu mengetahui cara pengeringan dan perlakuannya secara tepat agar benda yang telah selesai dibentuk tersebut tidak mengalami keretakan atau kerusakan.

Penyusunan benda dalam tungku pembakaran memerlukan keterampilan tersendiri agar proses pembakaran berjalan dengan baik. Keterampilan ini perlu dimiliki oleh pekerja yang tugasnya membakar benda-benda keramik yang ada di industri keramik baik skala kecil maupun skala besar. Kemampuan untuk membakar benda keramik dengan prosedur yang benar sangat bermanfaat untuk diterapkan di industri keramik sebagai operator pada divisi pembakaran, baik dengan bahan bakar gas, minyak, listrik, dan bahan bakar padat.

1. Penyiapan Peralatan Keselamatan dan Perlengkapan Tungku

Untuk menyusun dan membongkar benda keramik dari tungku diperlukan peralatan yang jenisnya meliputi:

- Rak dorong/*trolley*
- Plat
- Tiang penyangga
- *Stilt*
- Pancang suhu (*cone*)
- Pirometer

a. Perlengkapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1) Pakaian kerja

Berfungsi untuk melindungi tubuh/badan.



2) Sarung tangan (*glove*)

Terbuat dari kulit atau kain dan serat asbes yang berfungsi untuk mengambil benda yang relatif masih panas dari tungku.



3) Kacamata pelindung (*google*).

Terbuat dari kaca atau mika, berfungsi untuk melindungi mata dari pancaran sinar api atau percikan bahan yang membahaya-kan mata.



b. Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penyusunan barang, khususnya pembakaran glasir adalah *kiln wash* dan *grog* ataupun pasir kuarsa.

1) Pasir kuarsa (*grog*)



Bahan yang digunakan di atas plat agar benda yang dibakar tidak langsung bersentuhan dengan plat sehingga sirkulasi panas dan keamanan benda lebih terjamin.

2) Tanah liat



Pasir kuarsa dicampur bersama dengan tanah liat juga digunakan untuk menutup celah penyangga dan plat yang tidak stabil agar lebih stabil dan mantap.

3) *Kiln wash*

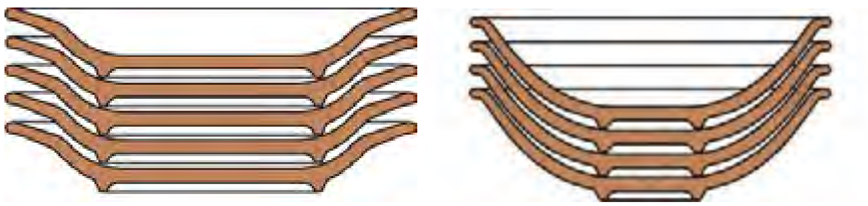


Kiln wash digunakan untuk melapisi plat ataupun bagian tungku agar terlindung dari lelehan glasir. Secara sederhana *kiln wash* dapat dibuat dari campuran kuarsa dan kaolin yang perbandingannya 1:1, dicampur air dan diaduk, kemudian dikuaskan pada plat yang akan digunakan pada pembakaran glasir.

2. Penyusunan Benda dalam Tungku Pembakaran

Penyusunan benda untuk pembakaran biskuit harus dilakukan secara hati-hati karena benda yang akan dibakar masih dalam kondisi mentah sehingga cukup rapuh untuk dipindah-pindahkan. Beberapa hal penting yang harus dipertimbangkan dalam menyusun benda keramik untuk pembakaran biskuit, yaitu:

- Benda yang memiliki tutup harus dibakar dengan tutupnya menempel pada benda yang bersangkutan, agar keduanya memiliki penyusutan yang seragam.
- Optimalisasi penyusunan benda dalam tungku dapat dibantu dengan plat. Pembakaran benda biskuit tanpa plat atau penumpukan yang berlebihan akan membahayakan benda yang dibakar, karena bisa menghasilkan benda-benda yang retak dan mengalami perubahan bentuk.
- Sebaiknya jangan membakar benda keramik dalam tungku jika hanya terisi setengah, karena ini merupakan suatu pemborosan, sirkulasi api tidak berjalan merata, demikian pula penyebaran panasnya.



Gambar 38. Cara menyusun piring dan mangku
(Sumber: Daniel Rhodes)

Proses Penyusunan Benda

a. Siapkan benda-benda keramik yang telah dikeringkan (*greenware*) dan kelompokkan menurut ukuran tingginya pada rak dorong.



b. Bersihkan plat dan tiang penyangga yang dibutuhkan kemudian lapisi plat tersebut dengan bahan kiln wash.



c. Letakkan plat dasar pada sap pertama secara tepat dan stabil. Susunan plat berikutnya di atas penyangga, bila penyangganya besar dan kuat pada sudut pertemuan plat dapat diletakkan satu penyangga yang bisa menyangga dua plat sekaligus sehingga dapat sedikit efisien dalam pemanfaatan ruang.



d. Susunlah benda keramik yang telah dikelompokkan ke dalam tungku dengan jarak yang cukup. Usahakan jarak antara benda memungkinkan sirkulasi panas menyebar merata dalam ruang bakar secara seimbang. Setelah plat terisi penuh kemudian plat berikutnya disusun untuk meletakkan benda lainnya, begitu seterusnya hingga ruang tungku terisi penuh, pertimbangkan sirkulasi api dan tata letak benda.



e. Benda boleh saling bersentuhan, benda yang berukuran besar dan terbuka dapat diisi benda yang lain yang lebih kecil, benda yang memiliki bentuk sama, seperti mangkok, piring bisa ditumpuk dengan cara bibir mangkok yang satu menempel dengan bibir mangkok yang lain.



f. Letakkan *pyrometric cone* atau pancang suhu secara tepat di balik lubang pengintip (*spy hole*) yang biasanya ada di pintu tungku. Posisi *cone* harus disesuaikan dengan spesifikasi bentuknya, umumnya diletakkan dengan kemiringan tertentu sesuai alas *cone.*
Benda yang memiliki tutup harus dibakar dengan tutupnya menempel pada benda yang bersangkutan, agar keduanya memiliki penyusutan yang seragam.



g. Tutup pintu tungku pembakaran, biarkan sedikit terbuka dan lubang penguapan serta sirkulasi dibuka agar pemanasan dan proses penguapan dapat berlangsung baik, uap air dapat keluar dan tidak terhambat atau tertampung dalam tungku.



3. Pembongkaran Benda Keramik dari dalam Tungku Pembakaran

Secara ideal pembongkaran barang keramik setelah proses pembakaran dari dalam tungku harus menunggu suhu dalam ruang bakar sama dengan suhu ruangan sekitar. Bila perbedaannya terlalu tinggi akan dapat merusak barang dan juga kemungkinan komponen dalam tungku yang tidak tahan kejut suhu akan cepat rusak. Oleh karena itu biarkanlah suhu dalam ruang bakar menjadi sama dengan suhu ruang di luar tungku bakar dengan melihat indikator suhu *pyrometer*. Hal ini untuk menjaga keamanan benda peralatan dan komponen dalam tungku.

Sebelum pembongkaran dilakukan perhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Setelah proses pendinginan cukup, bukalah sirkulasi udara yang ada di tungku, aturlah besar bukaan sirkulasinya sehingga proses pendinginan berlangsung secara bertahap dan tidak terjadi proses pendinginan yang mendadak.
- Perhatikan suhu ruang bakar melalui *pyrometer.* Bila sudah relatif sama dengan suhu ruangan di luar tungku maka pintu tungku dapat dibuka. Bila selisih suhunya masih terlalu tinggi, tunggulah sampai mendekati suhu ruangan.
- Bukalah pintu tungku secara hati-hati dengan bukaan penuh untuk memudahkan pembongkaran barang.

Proses Pembongkaran Benda

a. Siapkanlah peralatan seperti rak dorong serta bila perlu sarung tangan untuk melindungi tangan dari panas atau benda yang mungkin membahayakan kulit anda. Letakkanlah peralatan tersebut di dekat tungku yang akan dibongkar dengan posisi yang tepat agar tidak mengganggu proses pembongkaran.

b. Angkat benda keramik satu persatu dari dalam tungku pembakaran. Mulailah dari sap atau tingkat atas, kemudian turunkan satu persatu letakkan di rak dorong dan pindahkan pada tempat yang semestinya.



c. Pembongkaran plat dan penyangga mengikuti proses pembongkaran benda. Setelah benda pada sap paling atas habis diambil, maka plat dan penyangga dapat diturunkan dan diletakkan pada tempat yang semestinya.



Membereskan Pekerjaan

a. Bersihkanlah ruang bakar tungkun dengan penyedot debu agar bersih dan siap digunakan.
b. Simpan kembali bahan-bahan sisa yang masih bisa digunakan pada tempat semula. Bahan yang sudah tidak dapat dipakai sebaiknya dibuang atau ditempatkan pada penampungan yang tepat.
c. Bersihkan juga tempat yang digunakan dengan cara yang tepat agar kebersihan dan kesehatan ruangan tetap terjaga.
d. Setelah selesai pembongkaran, sebaiknya tungku dan ruang bakar dibersihkan dengan penyedot debu (*vacuum cleaner*) agar tetap bersih dan siap dipakai.



E. Rangkuman

Penyusunan dan pembongkaran benda dari dalam tungku pembakaran memerlukan keterampilan tersendiri agar proses pembakaran berjalan dengan baik. Pelapisan *kiln wash* pada plat sangat penting untuk menghindari lelehan glasir.

Benda yang memiliki tutup harus dibakar dengan tutupnya menempel pada benda yang bersangkutan, agar keduanya memiliki penyusutan yang seragam. Optimalisasi penyusunan benda dalam tungku dapat dibantu dengan plat. Pembakaran benda biskuit tanpa plat atau penumpukan yang berlebihan akan membahayakan benda yang dibakar, karena benda-benda beresiko retak dan mengalami perubahan bentuk

Pembongkaran benda keramik dilakukan setelah suhu tungku tidak terlalu panas. Pembongkaran akan lebih baik jika suhu tungku sama dengan suhu ruangan.

F. Penilaian

1. Penilaian Sikap

Instrumen pengamatan/observasi
Instrumen cermat
Nama : ____________________
Kelas : ____________________

Aktivitas Peserta didik
Peserta didik mengamati tayangan video , dan tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku pembakaran.

Lembar observasi

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Mengamati tayangan dengan tekun				
2.	Mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun				
3.	Mencatat semua hasil temuan				
4.	Mengamati tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku dengan tekun				
5.	Mencatat semua hasil identifikasi pada tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku				
6.	Menyajikan informasi secara lengkap				
	Jumlah				

Rubrik Penilaian

1. Mengamati tayangan video dengan tekun
   - 4 Selalu mengamati tayangan video dengan tekun
   - 3 Sering mengamati tayangan video dengan tekun
   - 2 Kadang-kadang mengamati tayangan video dengan tekun
   - 1 Tidak pernah mengamati tayangan video dengan tekun
2. Mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
   - 4 Selalu mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
   - 3 Sering mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
   - 2 Kadang-kadang mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
   - 1 Tidak pernah mengidentifikasi hal-hal penting dalam tayangan dengan tekun
3. Mencatat semua hasil temuan
   - 4 Mencatat semua hasil temuan
   - 3 Mencatat sebagian hasil temuan
   - 2 Mencatat sebagian kecil hasil temuan
   - 1 Tidak mencatat hasil temuan
4. Mengamati mengamati tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku dengan tekun
   - 4 Selalu mengamati mengamati tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku dengan tekun
   - 3 Sering mengamati tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku dengan tekun
   - 2 Kadang-kadang mengamati tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku dengan tekun
   - 1 Tidak pernah mengamati tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku dengan tekun
5. Mencatat semua hasil identifikasi pada tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku
   - 4 Selalu mencatat semua hasil identifikasi pada tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku
   - 3 Sering mencatat semua hasil identifikasi pada tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku
   - 2 Kadang-kadang mencatat semua hasil identifikasi pada tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku

1 Tidak pernah mencatat semua hasil identifikasi pada tahapan menyusun dan membongkar benda dari tungku

6. Cara menyajikan informasi
   4 Informasi disajikan dengan lengkap dan jelas
   3 Informasi disajikan dengan lengkap tetapi kurang jelas
   2 Informasi disajikan jelas tetapi kurang lengkap
   1 Informasi disajikan kurang lengkap dan kurang jelas

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (7 x 4) = 28

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

Instrumen teliti

Nama: ___________________

Kelas : ___________________

Aktivitas Peserta didik

Peserta didik mengamati tayangan video, mengamati tahapan menyusun dan membongkar, menanya kepada ahli, menelusuri informasi dari buku, internet, dan sumber lain.

Lembar observasi

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Menemukan informasi kunci berkaitan dengan penyusunan benda dalam tungku pembakaran				
2.	Menemukan informasi kunci yang terkait dengan pembongkaran benda keramik dari tungku pembakaran.				

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
3.	Mengumpulkan informasi yang diperoleh dengan lengkap				
	Jumlah				

Rubrik penilaian.

1. Menemukan informasi kunci berkaitan dengan penyusunan benda dalam tungku pembakaran
   4 Menemukan banyak informasi kunci berkaitan dengan penyusunan benda dalam tungku pembakaran
   3 Menemukan beberapa informasi kunci berkaitan dengan penyusunan benda dalam tungku pembakaran
   2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait dengan penyusunan benda dalam tungku pembakaran
   1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait dengan penyusunan benda dalam tungku pembakaran.

2. Menemukan informasi kunci yang terkait dengan pembongkaran benda keramik dari tungku pembakaran.
   4 Menemukan banyak informasi kunci yang terkait dengan pembongkaran benda keramik dari tungku pembakaran.
   3 Menemukan beberapa informasi kunci yang terkait dengan pembongkaran benda keramik dari tungku pembakaran.
   2 Menemukan sedikit informasi kunci yang terkait dengan pembongkaran benda keramik dari tungku pembakaran.
   1 Menemukan sangat sedikit informasi kunci yang terkait dengan pembongkaran benda keramik dari tungku pembakaran.

3. Mengumpulkan informasi yang diperoleh secara lengkap
   4 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara lengkap
   3 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara cukup lengkap
   2 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara kurang lengkap
   1 Informasi yang diperoleh dikumpulkan secara tidak lengkap

Pedoman penilaian

Skor maksimal : (3 x 4) = 12

$$Nilai = \frac{Jumlah\ Skor}{Skor\ Maksimal} \times 10$$

Instrumen disiplin

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Lembar observasi

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Ruang bakar di dalam tungku dibersihkan				
2.	Langkah-langkah kerja dilakukan secara urut				
3.	Mengenakan pakaian kerja				
4.	Mengenakan sarung api saat berkerja dengan panas tinggi				
5.	Mengenakan kacamata pelingung saat melihat kondisi dalam tungku				
6.	Menyusun dan meletakkan benda keramik diatas plat dengan hati-hati				
7.	Membongkar dan mengeluarkan benda dari tungku dengan hati-hati				
8.	Membereskan pekerjaan				
	Jumlah				

Rubrik penilaian

Skor	Rubrik
4	Apabila selalu melakukan aspek yang dinilai
3	Apabila sering melakukan aspek yang dinilai
2	Apabila kadang-kadang melakukan aspek yang dinilai
1	Apabila tidak pernah melakukan aspek yang dinilai

Pedoman penilaian

Skor maksimal : (6 x 4) = 24

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

2. Penilaian Pengetahuan

Nama : ____________________
Kelas : ____________________

1. Mengapa tutup wadah harus disatukan dengan wadahnya ketika dibakar?
2. Apakah *kiln wash* itu?
3. Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang wajib digunakan dalam pembakaran keramik!
4. Apakah hal pertama yang harus diperhatikan sebelum membongkar tungku?
5. Mengapa pintu tungku pada awal pembakaran dibiarkan sedikit terbuka?

Kunci jawaban

No Soal	Kunci Jawaban	Deskriptor	Skor
1	Hal ini berkaitan dengan pemuaian benda keramik ketika dibakar. Jika tutup dan wadah dipisahkan ketika pembakaran, **pemuaian tidak akan berjalan seimbang/seragam** sehingga dikhawatirkan bentuk tutup akan berbeda dengan bibir wadah	Apabila jawaban memuat kata kunci dengan tepat	4
		Apabila jawaban memuat kata kunci tapi kurang tepat	3
		Apabila jawaban memuat kata kunci yang tidak tepat	2
		Apabila jawaban tidak memuat kata kunci	1
2	*Kiln wash* adalah campuran **kuarsa dan kaolin dengan perbandingan 1:1** untuk melapisi plat agar terhindar dari lelehan glasir.	Apabila jawaban memuat kata kunci dengan tepat	4
		Apabila jawaban memuat kata kunci tapi kurang tepat	3
		Apabila jawaban memuat kata kunci yang tidak tepat	2
		Apabila jawaban tidak memuat kata kunci	1
3	Pakaian kerja, sarung tangan tahan api, kacamata pelindung.	Apabila 3 peralatan disebutkan dengan benar	4
		Apabila 2 peralatan disebutkan dengan benar	3
		Apabila 1 peralatan disebutkan dengan benar	2
		Apabila jawaban salah	1
4	Yakinkan suhu dalam tungku telah dingin (suhu kamar) atau minimal 100^{o}C.	Apabila jawaban sangat tepat	4
		Apabila jawaban kurang tepat	3/2

No Soal	Kunci Jawaban	Deskriptor	Skor
		Apabila jawaban tidak tepat	1
5	Agar proses pemanasan dan penguapan air berlangsung baik, **uap air dapat keluar dan tidak terjebak dalam tungku.**	Apabila jawaban memuat kata kunci dengan tepat	4
		Apabila jawaban memuat kata kunci tapi kurang tepat	3
		Apabila jawaban memuat kata kunci yang tidak tepat	2
		Apabila jawaban tidak memuat kata kunci	1

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

3. Penilaian Keterampilan

Tes Praktik 1

Susunlah benda-benda keramik siap bakar dalam berbagai ukuran ke dalam tungku sesuai prosedur yang benar

Rubrik penilaian praktik penyusunan benda ke dalam tungku

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Mengenakan pakaian kerja				
2.	Benda yang akan dibakar disiapkan				
3.	Susunan benda tidak boleh menempel (untuk pembakaran glasir, dan untuk pembakaran biskuit sebaliknya				
4.	Susunan benda harus mempertimbangkan posisi penunjuk suhu (pancang (*cone*), termokopel, dan lubang intip (*spy hole*))				
5.	Benda disusun di atas plat sesuai dengan ruang bakar				
	Jumlah				

Rubrik penilaian

1. Mengenakan pakaian kerja
   4 Selalu mengenakan pakaian kerja
   3 Sering mengenakan pakaian kerja
   2 Kadang-kadang mengenakan pakaian kerja
   1 Tidak pernah mengenakan pakaian kerja
2. Benda yang akan dibakar disiapkan
   4 Benda disiapkan di depan tungku/dalam jangkauan
   3 Benda disiapkan pada posisi yang jauh
   2 Benda belum disiapkan pada rak benda siap bakar
   1 Benda tidak disiapkan sama sekali.
3. Susunan benda tidak boleh menempel (untuk pembakaran glasir, dan untuk pembakaran biskuit sebaliknya
   4 Penyusunan benda dilakukan dengan sangat tepat
   3 Penyusunan benda dilakukan dengan kurang tepat
   2 Penyusunan benda dilakukan dengan tidak tepat
   1 Penyusunan benda dilakukan dengan salah

4. Susunan benda harus mempertimbangkan posisi penunjuk suhu pancang (*cone*), termokopel, dan lubang intip (*spy hole*)
   - 4 Posisi susunan benda dan alat penunjuk suhu sangat sesuai
   - 3 Posisi susunan benda dan alat penunjuk suhu kurang sesuai
   - 2 Posisi susunan benda dan alat penunjuk suhu tidak sesuai
   - 1 Posisi susunan benda dan alat penunjuk suhu salah/ membahayakan

5. Benda disusun di atas plat sesuai dengan ruang bakar
   - 4 Benda disusun dalam ruang bakar dengan sangat efisien
   - 3 Benda disusun dalam ruang bakar dengan cukup efisien
   - 2 Benda disusun dalam ruang bakar dengan kurang efisien
   - 1 Benda disusun dalam ruang bakar dengan tidak efisien

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

Tes Praktik 2

Bongkarlah benda-benda keramik dari tungku pembakaran sesuai prosedur yang benar.

Rubrik penilaian praktik pembongkaran benda dari dalam tungku

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

Lembar Pengamatan

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1.	Tungku dalam keadaan dingin				
2.	Benda di angkat dari ruang bakar tungku dari bagian atas				
3.	Benda disimpan pada tempat yang telah disediakan				
4.	Membereskan pekerjaan				
	Jumlah				

Rubrik penialain

Skor	Rubrik
4	Apabila selalu melakukan aspek yang dinilai
3	Apabila sering melakukan aspek yang dinilai
2	Apabila kadang-kadang melakukan aspek yang dinilai
1	Apabila tidak pernah melakukan aspek yang dinilai

Pedoman penilaian.

Skor maksimal : (4 x 4) = 16

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

G. Refleksi

Anda telah mempelajari seluruh isi unit 4. Sekarang lakukan refleksi terhadap apa yang sudah Anda pelajari dengan menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Manfaat apa yang Anda peroleh setelah mempelajari unit ini?
2. Apakah yang akan Anda lakukan untuk memperluas pengetahuanmu tentang pembakaran benda keramik?
3. Manfaat apa yang Anda peroleh setelah Anda melakukan praktek penyusunan dan pembongkaran, tungku?
4. Apakah yang akan Anda lakukan untuk memperdalam kompetensi pada unit ini?
5. Sikap positif apa yang Anda rasakan setelah mempelajari unit ini?
6. Bagaimana Anda akan berbagi pengetahuan dengan teman dan orang lain setelah mempelajari unit ini?

H. Referensi

……………1998. *Clay, Glazes, Kilns, Machenery and Equipment*. England: Pot Clay Ltd.

……………..*Tungku dan Pembakaran*. Bandung: Balai Besar Keramik.

Ambar Astuti, Dra., MA. 1997. *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Cosentino, Peter. 1998. *The Encyclopedia of Pottery Techniques*. London: Quatro Publishing plc.

Chavaria, Joaquim. 1991. *Ceramics Class-Glazing Techniques*. New York: Watson Guptill Publicatins.

Hammer, Frank and Janet. 1986. *The Potters Dictionary of Materials and Techniques*. London: A & C Black.

Jones, Melanie. 1994. *Pottery: A Step by Step Guide to the Craft of Pottery*. London: Merehurst limited.

Nelson, G.C., (1984) *Ceramics: A Potter Handbook*. New York CBS College Publishing.

PT. Prasidha. 1992/1993. *Keterampilan Kerajinan Keramik*. Jakarta: Depdikbud, Dikdasmen, Dit. Dikmenjur.

Rhodes, Daniel. 1968. *Kilns, Design, Construction and Operation*. New York: Pitman Publishing.

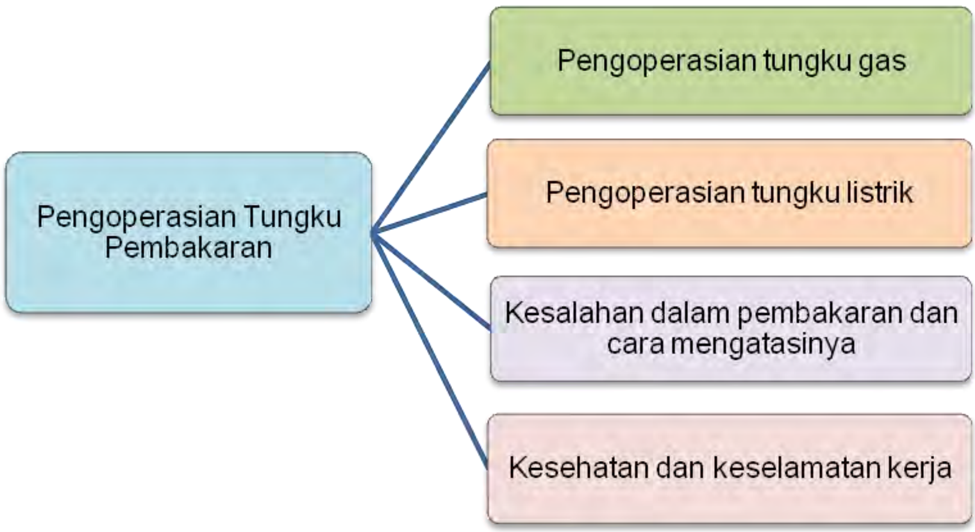
Taufiq Ekoyanto. 2011. Tanah Gerabah Kasongan: Pengembangan Pembelajaran Kriya Keramik di SMK. Yogyakarta: Studio Keramik Publishing.

Wahyu Gatot Budiyanto. 2008. Buku Sekolah Elektronik: Kriya Keramik. Jakarta: Depdiknas.

Zakin, Richard. 1981. *Electric Kiln Ceramics-A Potter's Guide to Clay and Glazes*. Pennsylvania: Chilton Book Company.

UNIT 5. PENGOPERASIAN TUNGKU PEMBAKARAN

A. Ruang Lingkup



B. Tujuan

1. Menjelaskan cara pengoperasian tungku listrik dengan benar.
2. Menjelaskan cara pengoperasian tungku gas dengan benar.
3. Mengoperasikan tungku listrik dengan cermat, teliti, dan bertanggung jawab.
4. Mengoperasikan tungku gas dengan cermat, teliti, dan bertanggung jawab.

C. Kegiatan belajar

1. Mengamati

Setelah mempelajari prosedur penyusunan dan pembongkaran tungku, sekarang Anda akan mengamati proses/tahapan pembakaran dengan tungku gas atau listrik.

Materi pengamatan: kegiatan membakar keramik dan/atau video pembelajaran.

a. Coba amatilah prosedur pembakaran dengan tungku gas. Catatlah urutan prosedurnya!

b. Amati juga trayek pembakaran. Catatlah hal-hal penting dari trayek tersebut!

Lembar pengamatan

No	Hal yang Diamati	Uraian
1	Jenis tungku	
2	Jenis barang yang dibakar	
3	Tahapan menyiapkan tungku, perlengkapan, dan peralatan keselamatan	
5	Prosedur pembakaran	

Lembar pengamatan video

Salah satu contoh video: http://www.youtube.com/watch?v= TVkHzh3gF18

Guru dapat menayangkan video yang lain.

Judul Video	
Jenis Tungku	
Prosedur pembakaran	
Hal-hal menarik lainnya	



Gambar 39. Membakar dengan tungku gas
(Sumber: www.dapottery.com)

2. Menanya

Cobalah berbincang-bincang dengan pembuat batu bata, genting, atau kerajinan keramik di daerah tempat Anda tinggal atau dengan seseorang yang ahli di bidang gerabah/keramik.

Cobalah ajukan beberapa pertanyaan berikut!

a. Tanyakanlah kepada perajin gerabah/keramik tersebut mengenai bagaimana prosedur pembakaran dengan tungku gas yang benar, jika mereka menggunakan gas.
b. Berapa kebutuhan waktu dan gas yang diperlukan?
c. Catatlah hasil wawancara tersebut dalam jurnal/buku!

Lembar hasil wawancara 1

Lokasi kerajinan keramik	
Prosedur pembakaran yang benar	
Jumlah gas yang dibutuhkan	
Waktu yang dibutuhkan	
…….	

3. Mengumpulkan data/mencoba/eksperimen

Setelah mencari informasi dari pengamatan dan bertanya pada orang yang mengerti keramik, tentunya ada sumber lain yang sangat penting untuk lebih melengkapi informasi yang Anda dapatkan, yaitu buku, internet, dan pengalaman pribadi berkaitan dengan pembakaran dengan tungku gas dan listrik. Carilah informasi dari perpustakaan dan internet tentang prosedur pembakaran dengan tungku gas dan tungku listrik.

Lembar penelusuran sumber belajar

No	Informasi	Uraian
1	Prosedur pembakaran dengan tungku gas	a. b. c. d. e.
2	Prosedur pembakaran dengan tungku listrik	a. b. c. d. e.
3	…..	

4. Mengasosiasikan/mendiskusikan

Agar informasi yang Anda dapatkan semakin akurat, diskusikan data-data yang diperoleh dengan teman satu kelompok dan rangkum hasil diskusi tersebut!

a. Diskusikan dengan teman dalam sebuah kelompok kecil tentang hasil penelusuran informasi tanah liat dari buku, internet!
b. Tulislah hasil diskusi tersebut dalam jurnal/buku!

5. Mengkomunikasikan/menyajikan/membentuk jaringan

Berbagi informasi membuat apa yang kita ketahui bermanfaat juga pada orang lain. Paparkan data-data yang Anda miliki di depan teman-teman kemudian paparkan juga kepada masyarakat banyak melalui *blog*-yang Anda miliki!

a. Kumpulkan hasil pengamatan, hasil menanya, hasil penelusuran informasi, maupun diskusi di depan kelas menjadi tulisan atau kumpulan informasi yang sistematis.
b. Paparkanlah hasil pengamatan, penelusuran informasi, maupun diskusi di depan kelas kepada bapak/ibu guru dan teman-teman mengenai:
    - Pengoperasian tungku listrik
    - Pengoperasian tungku gas
c. Bagilah informasi yang telah Anda dapatkan kepada orang lain melalui media sosial maupun *blog* pribadi Anda!

D. Penyajian materi

1. Pengoperasian Tungku Bahan Bakar Gas

Praktek pembakaran menggunakan tungku dengan bahan bakar gas saat ini dirasakan relatlf lebih murah dan mudah dibandingkan dengan tungku lainnya. Dengan menggunakan tungku gas maka kondisi pembakaran netral, oksidasi atau reduksi dapat dengan mudah dicapai, dengan mengatur gas, saluran udara primer dan damper.



Gambar 40. Tungku gas.
(Sumber: www.beileypottery.com)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan praktek pembakaran dengan tungku gas adalah:

- Pada awal proses pembakaran, pintu tungku dalam posisi terbuka kurang lebih 12 mm, dan baru ditutup apabila suhu telah mencapai 200^{o}C.
- *Damper* dalam posisi terbuka penuh
- Saluran udara primer dalam posisi tertutup, dan dibuka setelah suhu mencapai 580^{o}C-620^{o}C.
- Gunakan pancang seger sesuai dengan suhu bakar yang diinginkan. Kontrol kenaikkan suhu setiap 15-20 menit.

Proses pengoperasian tungku gas

a. Persiapan

1). Tungku gas
2). *Thermocouple-pyrometer*, dan *pyrometric cone* (pancang)
3). *Kiln furniture*: plat, prop (tiang penyangga)

b. Penyusunan

1). Pasang plat pada bagian dasar tungku dengan diberi penyangga.
2). Susun benda keramik pada plat tersebut hingga penuh. Tempatkan pancanq/*cone* suhu untuk mengetahui temperatur pembakaran pada disetiap level.





c. Pembakaran

1) Putar/buka secara penuh kran pada tabung gas.



2) Buka regulator pada saluran pipa gas dengan posisi 4 kPa. Ingat saluran gas *main flame* dan *pilot flame* pada pada *burner* pada posisi low dan tombol api pada posisi ditekan.



3) Nyalakan api pada *burner* dan atur besarnya api tersebut dengan memutar *main flame* hingga suhu mencapal $160^{o}C$-$180^{0}C$ dalam waktu kurang lebih 1 jam.



4) Tutup *damper* hingga tersisa lubang 7.5 cm.



5) Apabila suhu tersebut di atas telah tercapai, putar *main flame* hingga api bertambah besar dan suhu meningkat hingga mencapai 210°C-230°C dalam waktu 1 ½ jam, kemudian putar *pilot flame* pada posisi *high*.



6) Tambahkan gas melalui *main flame* hingga suhu pada *pyrometer* mencapai 420°C-460°C dalam waktu 2 1 / 2 jam. Tambahkan gas setelah suhu mencapal 580°C-620°C dalam waktu 3,5 jam.



7) Buka saluran udara primer secara penuh dan buka *damper* hingga 11.5 cm.



8) Jika suhu telah tercapai sesuai dengan pancang seger atau *pyrometer*, perlu penahanan suhu sekitar 15 menit kemudian api pada *burner* dapat dimatikan dengan memutar regulator pada tabung gas.



9) Tutup semua saluran gas dan kembalikan pada posisi semula, kemudian tutup *damper*, saluran udara primer serta lubang *burner* agar panas dalam ruang tungku tidak cepat hilang.



10) Dinginkan tungku dengan waktu yang sama dengan waktu lamanya proses pembakaran. Tungku boleh dibuka apablia suhu telah di bawah 200°C.

d. Pembongkaran

1) Lakukan pembongkaran setelah didinginkan minimal sama dengan waktu pembakaran dan suhu di bawah 200°C.
2) Bongkar benda-benda keramik tersebut dengan menggunakan sarung tangan asbes. Untuk pembakaran biskuit dengan suhu 984°C (*cone* 07) dibutuhkan waktu kurang lebih 5,5 jam.

Tabel 3. Trayek pembakaran biskuit dengan tungku gas.

Perkiraan Waktu	Waktu	Suhu (C)	Gas	Damper	Keterangan
Mulai			Low pilot	Terbuka penuh	Udara primer ditutup
1 jam		160 sd. 180	Low pilot	Ditutup hingga 7.5 cm (dibuka 7.5 cm)	Udara primer ditutup
1.5 jam		210 sd. 230	High pilot		Udara primer ditutup
2.5 jam		420 sd. 460	Jarum pada garis pertama		
3.5 jam		580 sd. 620	Gas pada 12 kPa	Dibuka hingga 11.5 cm	Udara primer dibuka
5.5 jam		949 sd. 980		Damper ditutup	

Catatan:
kPa (kilo Pascal): ukuran tekanan gas

(Sumber: Port-O kiln)

2. Mengoperasikan Tungku Bahan Bakar Listrik

Tungku listrik merupakan alat pembakaran benda keramik dengan menggunakan tenaga listrik. Tenaga listrik tersebut diubah menjadi tenaga panas dan tenaga panas inilah yang akan mematangkan badan tanah liat menjadi keramik. Pembakaran dengan tungku listrik merupakan cara pembakaran yang paling mudah dan efisien karena dalam tungku listrik biasanya telah dilengkapi perlengkapan kontrol yang memadai, seperti saklar/tombol penyala yang sekaligus berfungsi sebagai regulator (pengatur energi listrik), program pembakaran (waktu maupun suhu pembakaran), *thermocouple-pyrometer* sebagai penunjuk suhu bakar.

Tungku listrik ini banyak digunakan di industri keramik, terutama yang berskala besar. Tungku jenis ini berasal dari Inggris, Amerika, Jepang, dan Taiwan. Pengoperasian tungku pembakaran dengan tenaga listrik adalah cara membakar paling mudah dan efektif apalagi sekarang

tungku listrik dilengkapi alat dengan pengontrol suhu, yaitu *thermocouple-pyrometer* yang menyatu dengan tungku dan bahkan ada yang dilengkapi dengan alat pemrogram pembakaran yang memiliki kemampuan mengatur lamanya waktu pembakaran sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 41. Tungku listrik.
(Sumber: www.beileypottery.com)

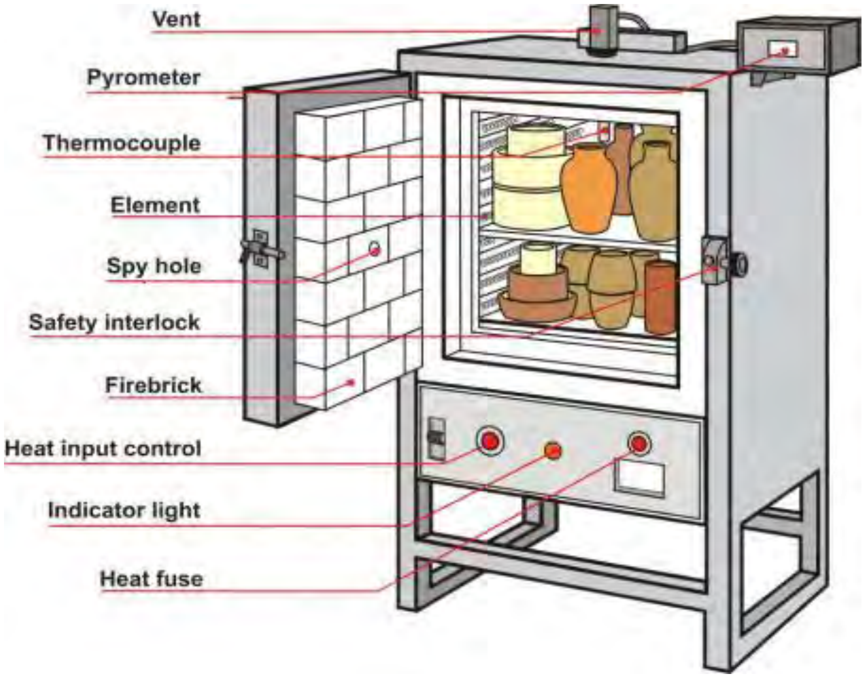
a. Keandalan dan Kelemahan Tungku Listrik

Tungku listrik mempunyai beberapa keandalan tertentu jika dibandingkan tungku dengan berbahan bakar jenis lain, yaitu:

1) Pengoperasiannya mudah, dilengkapi dengan peralatan pendukung yang memudahkan cara pengoperasiannya, seperti adanya *thermocouple* dan *pyrometer*, saklar yang berfungsi sebagai regulator energi listrik (tombol pengatur aliran energi listrik) dan program pembakaran yang waktunya dapat diatur untuk proses pembakaran.
2) Pengoperasiannya tidak menimbulkan polusi, tidak menimbulkan suara yang keras, dan tidak mengeluarkan lidah api atau asap seperti tungku lain.

3) Atmosfer pembakaran netral, memungkinkan hasil pembakarannya memiliki keseragaman yang sama.
4) Penempatan dapat di mana saja, bentuk tungku yang kompak, praktis, dan bersih sehingga dapat diletakkan pada tempat yang strategis.
5) Sistem keselamatan kerjanya bagus, tungku pembakaran merupakan suatu unit yang kompak, praktis, dan bersih dengan sistem instalasi listrik yang memenuhi standar.
6) Harga tungku listrik relatif lebih murah dibandingkan dengan harga tungku jenis lain.
7) Perawatan mudah karena tungku listrik memiliki umur atau waktu pakai yang panjang dengan kebutuhan perawatan. Bila terjadi pergeseran kumparan listrik, dikembalikan pada posisinya dengan hati-hati. Di samping beberapa keandalan seperti di atas, tungku listrik juga mempunyai kelemahan-kelemahan antara lain:
   - Tidak dapat dipakai untuk pembakaran dengan atmosfer reduksi.
   - Membutuhkan daya listrik yang relatif besar sehingga sulit atau tidak mungkin mengoperasikan tungku listrik di tempat yang daya listriknya tidak cukup.
   - Suku cadang terutama kawat/kumparan listriknya relatif mahal.

Bagian-bagian tungku:



Gambar 42. Bagian-bagian tungku listrik.
(Sumber: peter Cosentino)

Keterangan:

- *Vent*, lubang pada bagian atas tungku yang berfungsi untuk keluarnya uap air pada saat proses pembakaran berlangsung.
- *Pirometer*, alat pengukur tinggi temperatur bakar di dalam ruang pembakaran.
- *Termokopel*, alat yang berfungsi untuk memancarkan informasi temperatur ruang tungku pembakaran ke pirometer.
- *Element*, kumparan untuk menghaliskan panas pada tungku pembakaran.
- *Spy hole*, lubang untuk mengintai pancang suhu yang terpasang dalam ruang tungku pembakaran.
- *Safety interlock*, pengaman pintu tungku pembakaran untuk mencegah pintu terbuka selama proses pembakaran.
- *Fire brick*, bata tahan api yang berfungsi sebagai isolasi panas yang efektif dan aman.
- *Heat input control*, pengendali temperatur selama proses pembakaran berlangsung.
- *Indicator light*, lampu indikator yang menunjukkan ada tidaknya aliran listrik yang masuk.
- *Heat fuse*, alat untuk mencegah tungku pembakaran dari pembakaran yang terlalu tinggi.

b. Proses Pengoperasian Tungku Listrik

Sebaiknya dilakukan uji coba terlebih dulu pada tungku pembakaran yang masih baru sebelum dioperasikan. Hal ini perlu dilakukan agar uap air yang ada dapat menguap. Untuk itu pintu atau lubang ventilasi harus dibuka dan dalam keadaan kosong.

1) Tahap Persiapan

a) Kelompokkan benda yang akan dibakar menurut besar-kecil dan serta tinggi-rendahnya benda.



b) Susunlah benda keramik secara seimbang, dalam arti perlu memperhitungkan aliran/ sirkulasi api, dan juga penyusunan diupayakan optimal.



c) Pilihlah pancang/*pyrometric* cone sesuai dengan suhu yang akan dicapai dan tempatkan dalam ruang bakar yang dapat dilihat melalui lubang intai (*spy hole*). Siapkan format pembakaran.



2) Tahap Pengoperasian Pembakaran



a) Nyalakan tungku dengan memutar tombol. Untuk proses pemanasan awal lakukan pembakaran secara perlahan, yaitu dari suhu ruang bakar sampai sekitar 150^{o}C, dengan waktu minimal 2 jam.

b) Putar tombol jika suhu telah mencapai 150^{o}C dalam waktu kurang lebih 2 jam. Peningkatan suhu sebaiknya berkisar 50^{o}C per-jam hingga suhu 600^{o}C. Air yang terikat secara kimiawi mulai menguap setelah melampaui suhu 350^{o}C dan akan habis pada suhu 600^{o}C.

c) Putar tombol kembali pada skala yang lebih rendah pada saat suhu mendekati 570^{o}C agar panas naik secara perlahan karena pada saat itu tanah akan mengembang sekitar 2%. Jika pemanasan pada suhu tersebut terlalu cepat, maka akan menyebabkan keretakan.

d) Putar tombol pada posisi yang lebih tinggi apabila suhu telah mendekati 580^{o}C. Tutup pintu dan lubang ventilasi dengan rapat.

e) Putar tombol pada posisi paling atas setelah melewati suhu 700^{o}C sehingga panas dapat meningkat dengan cepat.

f) Matikan tungku dengan memutar saklar pada posisi *off* apabila suhu yang diinginkan telah tercapai, yang dapat diketahui jika pancang/*pyrometric cone* sudah melengkung atau *pyrometer* sudah menunjukkan suhu yang dicapai.

g) Buatlah trakyek pembakaran dari catatan format pembakaran.

3) Tahap Pembongkaran

a) Bukalah pintu tungku dan lubang ventilasi apabila suhu tungku sudah rendah (di bawah 100^{o}C).



b) Keluarkan benda-benda keramik dari dalam tungku.

c) Kembalikan perlengkapan tungku (plat tahan api dan penyangga) pada tempatnya.



d) Periksa dan bersihkan tungku setelah dingin.



Prosedur pengoperasian tungku listrik ini berlaku untuk pembakaran biskuit maupun pembakaran glasir. Ada kemungkinan benda yang dibakar mengalami retak. Beberapa penyebabnya adalah:

- Jika banyak yang pecah, kemungkinan pemanasan awal terlalu cepat.

- Jika ada yang mengalami banyak retak rambut, kemungkinan suhu melewati 570^{o}C, peningkatan suhu panas terlalu cepat.
- Jika hanya sedikit benda yang retak, bisa dikarenakan ketika proses pembentukan, terdapat gelembung udara atau pengeringan yang kurang baik.

Catatan.

Waktu pendinginan tungku adalah minimal sama dengan waktu yang dibutuhkan untuk pembakaran. Bila suhu di dalam sudah di bawah 100^{o}C, maka semua lubang ventilasi dibuka dan pintu tungku dibuka sedikit. Beberapa saat kemudian benda dapat di bongkar dan dikeluarkan. Hal yang perlu mendapat perhatian khusus saat membakar dan membongkar benda adalah jangan lupa mengenakan alat-alat kesehatan dan keselamatan kerja.

c. Pemeliharaan Tungku Listrik

Kegiatan pemeliharaan peralatan merupakan kegiatan yang sangat penting karena hal ini dapat memperlambat kerusakan, mempertahankan fungsi/kegunaan tungku, keawetan, dan keamanannya. Oleh sebab itu, secara periodik dan terjadwal kegiatan pemeliharaan harus terus dilakukan. Pemeliharaan peralatan bertujuan:

- Memperpanjang usia pakai peralatan
- Menjamin kesiapan peralatan
- Menjamin daya guna dan hasil guna
- Menjamin keselamatan pemakai

Pemeliharaan yang terprogram akan sangat memudahkan pengontrolan kesiapan atas peralatan yang akan digunakan. Untuk itu, sebaiknya semua peralatan terutama perlatan yang digerakkan dengan tenaga listrik harus dilengkapi dengan kartu pemakaian, kartu perawatan/pemeliharaan, dan kartu perbaikan. Demikian juga halnya dengan tungku listrik. Pemeliharaan tungku listrik memerlukan kecermatan dan ketelitian karena akan sangat menentukan hasil akhir pembakaran.

1) Alat

1) *Vacum Cleaner*
2) Kuas
3) *Multi Tester*
4) Sikat Kawat

2) Bahan

a) *Styrofoam*

b) Cat tahan panas dan tahan karat

3) Prosedur Pemeliharaan Tungku Listrik

a) Dalam proses pembakaran, pada tahap pemanasan awal sebaiknya pintu tungku tidak ditutup rapat (dibuka sedikit) dan lubang ventilasi serta lubang pengintai (*spy hole*) dibiarkan terbuka hingga suhu 600^{o}C. Hal ini dimaksudkan agar uap air dari benda keramik atau glasir dapat keluar sehingga tidak sampai membuat karat atau keropos logam konstruksi tungku.

b) Membersihkan bagian dalam tungku dari kotoran debu atau pecahan halus benda keramik menggunakan *vacum cleaner*.

c) Menambal bagian dinding, alas, dan atap yang retak atau terkikis dengan semen tahan api dengan cara membasahi bagian yang retak dengan air dalam menggunakan kuas sebelum penambalan dilakukan.

d) Mengganti dengan segera bata tahan api yang patah dengan perekat semen tahan api.

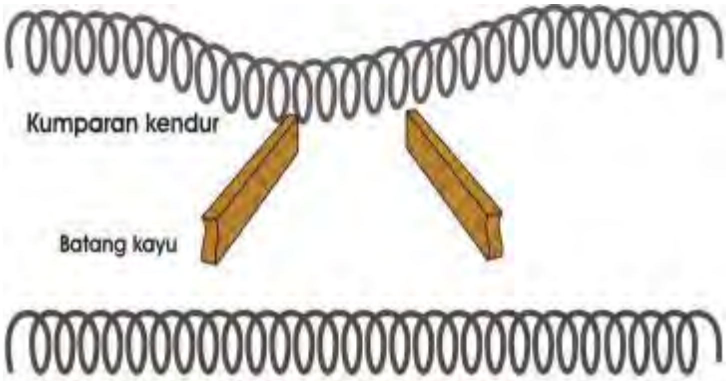
e) Menghindarkan bahan-bahan yang mudah mengeluarkan asap pada proses pembakaran.

f) Menghindarkan penggunaan tungku listrik untuk proses pembakaran reduksi.

g) Memeriksa kumparan tungku listrik dengan cara sebagai berikut:

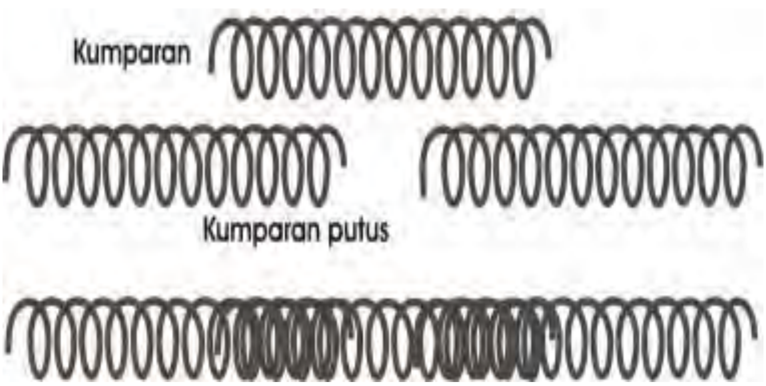
- Menggunakan *styrofoam*
  - Menghubungkan aliran listrik pada tungku untuk menghidupkan saklar.
  - Menempelkan *styrofoam* pada kumparan. Jika kumparan berfungsi maka *stryrofoam* akan meleleh karena panas, sebaliknya jika *stryrofoam* tidak meleleh, berarti kumparan putus atau tidak ada aliran listrik.
- Menggunakan *multitester*
  - Memutar saklar pada posisi ohm.
  - Menghubungkan kedua kabel *multitester* pada masing-masing bagian ujung kumparan. Bila jarum multimeter bergerak ke kanan, berarti kumparan berfungsi, tetapi bila jarum multimeter tidak bergerak, berarti kumparan putus. Sebaiknya kumparan yang telah putus segera diperbaiki atau diganti dengan yang baru.

h) Kumparan yang kendur dan keluar dari tempatnya dimasukkan kembali dengan cara menghidupkan tungku sehingga kumparan sedikit panas, kemudian dengan menggunakan dua batang kayu kering, dorong kumparan pada tempatnya. Hal ini harus dilakukan secara hati-hati karena sifat kumparan yang mudah patah.



Gambar 43. Cara memperbaiki kumparan kendur.
(Sumber: Richard Zakin)

i) Kumparan yang putus disambung dengan cara menambahkan kumparan yang memiliki diameter kumparan dan diameter kumparan yang sama. Hal ini harus dilakukan dalam keadaan tungku mati (tidak ada aliran listrik).



Gambar 44. Cara menyambung kumparan kendur putus.
(Sumber: Richard Zakin)

j) Bersihkan bagian tungku listrik yang berkarat dengan menggunakan sikat kawat, kemudian dicat kembali dengan cat yang tahan panas dan tahan karat.

3. Kesalahan dalam Pembakaran dan Cara Mengatasi

Pembakaran tanah liat menjadi biskuit dilakukan untuk memberikan kekokohan awal pada benda dan memudahkan pekerjaan selanjutnya. Akan tetapi, kadang-kadang pembakaran biskuit dilakukan sampai pada suhu tinggi sesuai dengan keperluan. Akibat dari kesalahan pada proses sebelumnya baru akan kelihatan setelah benda-benda tersebut selesai melalui proses pembakaran. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembakaran adalah:

- benda-benda yang akan diglasir,
- alat pembakaran, dan
- cara pembakaran.

Faktor-faktor tersebut mempengaruhi hasil pembakaran. Oleh karena itu dalam pelaksanaannya perlu mengetahui :

- cara penyusunan benda mentah, dan
- pengaturan panas api/kecepatan pembakaran atau sirkulasi api.

a. Beberapa Kesalahan pada Tahap Pembakaran

Benda pecah, retak atau bahkan meledak. Hal ini disebabkan:

1) Pengeringan tidak sempurna.
2) Adanya ketidakrataan dalam ketebalan badan benda.
3) Terdapat gelembung udara di dalam badan benda.
4) Pembakaran terlalu cepat.

Penanggulangan kesalahan pada tahap pembakaran dapat dilakukan dengan cara berikut ini:

1) Pastikan pada tahap penyiapan tanah, terutama pada waktu pengulian, betul-betul padat. Juga pada waktu pembentukan atau penyambungan, pastikan tidak terdapat gelembung udara.
2) Dinding/badan benda yang terlalu tebal perlu dikerok/ditipiskan.
3) Benda dikeringkan lebih lama sebelum dibakar, kemudian dibakar pelan (*preheating*) agak lama.
4) Upayakan pembakaran benda secara perlahan-lahan sampai mencapai suhu 200^{o}C dan 600^{o}C.

b. Lubang yang Muncul pada Permukaan (*spit out*)

Lubang (*spit out*) yang ada disebabkan oleh adanya kotoran/butiran gips. Hal ini dapat ditanggulangi dengan cara:

1) Jauhkan/singkirkan meja penguli dari gips yang telah rusak/lapuk atau tidak baik, agar tanah liat tidak terkontaminasi dengan bahan lainnya.
2) Gunakan lebih banyak tanah liat yang sudah disaring.

4. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Pada Pembakaran Benda Keramik

Dalam sebuah industri yang menghasilkan produk, aspek kesehatan dan keselamatan kerja (K3) harus menjadi perhatian penting. Aspek ini harus diperhatikan mengingat keselamatan manusia merupakan sesuatu yang paling utama di antara semua aspek lainnya.

Selain menghasilkan barang, dalam kerajinan/industri keramik juga terdapat aspek-aspek yang berpotensi menimbulkan kerugian/gangguan pada tubuh manusia.

a. Petunjuk Kesehatan dan Keselamatan Kerja Umum

Aspek bahaya itu dapat diminimalisasi apabila kita memperhatikan prosedur kesehatan dan keselamatan kerja. Aspek bahaya (*hazardeous*) dapat ditimbulkan dari proses yang dikerjakan atau dari bahan yang digunakan.

1) Proses

Ada proses-proses yang mengharuskan kita untuk sangat berhati-hati dan wajib menerapkan prosedur K3. Hal-hal dalam proses yang berpotensi berbahaya yang berhubungan dengan pembakaran benda keramik misalnya:

- Tidak menggunakan sarung tangan anti panas untuk melindungi tangan ketika mengambil benda dari tungku.
- Tidak berhati-hati ketika melihat keadaan di dalam tungku. Kita dapat mengintip melalui *spy hole.* Karena keadaan di dalam tungku sangat pijar, maka kita harus menggunakan kacamata pelindung khusus.



Gambar 45. Pemakaian kacamata pelindung dan sarung tangan pada proses pembakaran

Beberapa langkah yang kiranya perlu untuk ditindaklanjuti dalam rangka peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja, diantaranya adalah :

- Bahan-bahan yang berpotensi mendatangkan bahaya (bahan beracun) perlu disimpan di tempat yang aman dan diberi label atau keterangan tentang kemungkinan bahaya yang ditimbulkan.
- Adanya petunjuk tertulis tentang penanganan bahan-bahan beracun yang dapat menimbulkan bahaya.



Gambar 46. Bahan-bahan harus diberi label peringatan bahaya

- Adanya petunjuk atau instruksi tentang penggunaan alat keselamatan dan kesehatan kerja, khususnya dalam menghadapi bahaya yang ditimbulkan dalam pemakaian alat atau penggunaan bahan-bahan beracun.

- Adanya petunjuk tertulis tentang tanda-tanda keracunan awal seperti pusing kepala, mabuk, dan sebagainya dan langkah-langkah yang perlu diambil dalam usaha penyelamatan.



Gambar 47. Bahan-bahan berbahaya dipampang untuk mendapat perhatian agar resiko dampak dapat diketahui

- Adanya petunjuk atau rambu-rambu tentang penyimpanan dan pembuangan bahan-bahan yang berpotensi mendatangkan bahaya.
- Ruangan yang digunakan dalam pekerjaan pengolahan bahan, pengglasiran dan pembakaran perlu ventilasi yang memadai.
- Perlu adanya perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja seperti pakaian kerja, masker, sarung tangan, kacamata terang dan gelap, pemadam kebakaran, dan lain-lain.
- Penerangan yang cukup pada setiap ruangan.
- Tersedianya air bersih pada bengkel produksi.

2) Bahan

Beberapa bahan mentah yang digunakan dalam industri keramik mempunyai tingkat kandungan racun yang berbeda-beda. Timbal, Asbes, Arsen dan Barium merupakan bahan yang dikenal secara luas sebagai bahan yang paling berpotensi menimbulkan keracunan apabila sampai terhirup atau tertelan.

Efek yang dapat ditimbulkan oleh bahan-bahan beracun tersebut pada umumnya adalah gangguan pada saluran pernafasan, radang kulit, kerusakan syaraf, dan bahkan dapat menyebabkan kelumpuhan.

Berikut daftar bahan-bahan keramik yang beracun

No.	Bahan	Bahaya Yang Ditimbulkan
1.	Aluminium	Debu Alumunium yang terhirup dapat menimbulkan radang pada saluran pernafasan dan apabila hal ini terjadi secara terus-menerus dalam waktu lama akan menyebabkan penyakit Emphysema dan Pneumothorax yang berhubungan dengn penyakit paru-paru dan saluran pernafasan. Penyakit ini dikategorikan sebagai penyakit Aluminosis yaitu penyakit paru-paru karena debu Alumina.
2.	Antimon	Debu Antimon yang terhirup dapat menyebabkan peradangan kulit yang hebat (Dermatitis), peradangan pada selaput mata (Conjunctivis) dan radang hidung (Nasal Septum Ulceration).
3.	Arsen	Arsen dan garam-garamnya adalah bahan yang sangat beracun. Keracunan yang kronis dapat menyebabkan tidak berfungsinya hati dan ginjal, menghilangkan pigmen kulit, penyakit Herpes (semacam penyakit kulit), dan peradangan pada saluran perncernaan. Apabila telah akut dapat menyebabkan stroke dan kematian.
4.	Asbes	Merupakan mineral yang berserat dan tahan terhadap panas. Serat asbes yang terhirup dapat menyebabkan penyakit Asbestosis yang berkaitan dengan penyakit saluran pernafasan, paru-paru dan kanker.
5.	Barium	Hampir semua senyawa Barium adalah racun. Apabila debu Barium terhirup atau tertelan dapat menyebabkan diare hebat, gemetaran (Consulsive Tremors) serta kelumpuhan pada otot.
6.	Bismut Subnitrat	Bahan yang digunakan sebagai pewarna Luster. Bila uap bahan ini terhirup dapat menimbulkan pusing kepala yang hebat.

No.	Bahan	Bahaya Yang Ditimbulkan
7.	Borax	Semua senyawa borax larut dalam air. Apabila senyawa Borax terhirup atau tertelan dapat menyebabkan muntah-muntah, diare, gemetaran dan mabuk.
8.	Cadmium	Cadmium sebagai bahan pewarna kuning yang larut dalam asam lemah sehingga tidak digunakan dalam glasir peralatan makan minum. Bahan ini bila tertelan dapat menyebabkan muntah-muntah, diare, tidak dapat bernafas dengan sempurna (Chocking) dan apabila terhirup dapat menyebabkan batuk, pusing, muntah-muntah dan kelelahan yang hebat.
9.	Carbon Monoksida*	Carbon Monoksida merupakan hasil pembakaran minyak atau kayu yang tidak sempurna, dalam ruang tertutup asap Carbon Monoksida yang berat akan terkonsentrasi dan apabila terhirup dapat menyebabkan pusing, badan lemah dan mabuk. Dalam keadaan akut dapat menyebabkan pingsan dan kematian karena kekurangan Oksigen.
10.	Chlorine	Chlorine dalam bentuk gas merupakan gas yang berat yang keluar dari tungku pembakaran pada proses pembakaran dengan glasir garam. Konsentrasi gas Chlorine yang besar bila terkontaminasi dapat menyebabkan peradangan kulit dan selaput saluran pernafasan.
11.	Cobalt	Cobalt apabila terkontaminasi dapat menyebabkan radang kulit dan dapat menimbulkan gejala perasaan tertekan.
12.	Feldspar	Debu Feldspar yang mengandung Silika bebas apabila terhirup dapat menyebabkan melemahnya mekanisme tubuh yang merupakan gejala penyakit Silikosis.
13.	Fiberglass*	Seperti halnya Asbes, Fiberglass dapat menyebabkan radang kulit apabila terjadi kontak langsung dan apabila terhirup menyebabkan peradangan saluran pernafasan dan paru-paru.

No.	Bahan	Bahaya Yang Ditimbulkan
14.	Iron Chromate	Debu Iron Chromate jika terhirup dapat menyebabkan radang paru-paru (Pneumonia).
15.	Kaolin (China clay)*	Kaolin dan bahan lain seperti Ball clay, Fire clay, Stoneware mengandung Silika bebas yang potensial menyebabkan bahaya penyakit Silikosis yaitu jenis penyakit paru-paru yang disebabkan oleh debu Silika yang mengendap dalam tubuh.
16.	Timbal (Lead)	Hampir semua senyawa Timbal adalah racun kecuali Timbal tersebut difrit. Debu Timbal yang terhirup akan sangat berbahaya. Menggunakan peralatan makan minum yang diglasir dengan bahan Timbal mentah secara terus menerus dapat menyebabkan keracunan. Timbal yang larut dalam makanan atau minuman akan menyebar ke peredaran darah sehingga menyebabkan rasa mual, ingin muntah, Anorexia, gemetaran hebat dan dapat menyebabkan kerusakan pada syaraf otak serta menimbulkan kematian.
17.	Lithium	Senyawa Lithium apabila tertelan dapat menyebabkan kerusakan pada otak
18.	Mangaan	Debu Mangaan yang terhirup dapat menyebabkan rasa kantuk yang hebat dan apabila berlangsung terus menerus dapat menyebabkan kelumpuhan.
19.	Mika	Debu Mica apabila terhirup dapat menyebabkan peradangan pada saluran pernafasan.
20.	Nikel	Senyawa Nickel apabila terkena langsung pada kulit dapat menyebabkan penyakit Dematitis (peradangan kulit).
21.	Silenium	Silenium digunakan sebagai bahan pewarna merah pada suhu 1040^{0}C. Apabila tubuh terkontaminasi dapat menyebabkan gejala perasaan tertekan (depresi) dan radang kulit.
22.	Silica*	Silika sebagai mineral yang berdiri sendiri maupun sebagai Silika bebas dalam Feldspar atau tanah liat lain apabila terhirup atau tertelan dapat menyebabkan penyakit

No.	Bahan	Bahaya Yang Ditimbulkan
		paru-paru yang kronis seperti asma, batuk darah dsb.
23.	Stanium Chlorida	Bahan yang digunakan untuk pengasapan dalam tungku untuk mendapatkan warna mutiara. Apabila uapnya terkena mata dapat melukai selaput mata dan apabila terhirup dapat melukai selaput saluran pernafasan.
24.	Uranium	Garam-garam Uranium adalah bahan yang sangat beracun. Apabila terhirup atau tertelan dalam waktu lama dapat menyebabkan penyakit memar kulit, kerusakan ginjal, kanker, dan menimbulkan kematian.
25.	Vanadium Pentoxide	Vanadium Pentoxide sebagai sumber warna kuning apabila terhirup dapat menimbulkan radang pada saluran pernafasan dan penyakit radang kulit.
26.	Zinc Oxide	Zinc Oxide dalam bentuk debu atau uap apabila terhirup dapat menyebabkan penyakit pernafasan.

*) bahan-bahan yang berkaitan langsung dengan proses pembakaran benda keramik.

b. Petunjuk Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Pembakaran Benda Keramik

Tungku pembakaran akan aman jika kita mengikuti petunjuk dasar penggunaan. Keselamatan pada saat penggunaan tungku adalah hal paling utama, karena kita berhubungan dengan suhu sangat tinggi. Karena suhu tinggi, pembakaran keramik juga melepaskan material-material gas yang sebagian beracun. Kita perlu mempelajari terlebih dulu cara penggunaan agar semuanya aman.

1) Peralatan keselamatan

Sekalipun tungku memiliki isolasi yang memadai, permukaan luarnya bisa cukup panas bila tersentuh kulit. Oleh karena itu, hal-hal berikut perlu untuk diperhatikan:

- Sarung tangan harus dipakai saat pengoperasian tungku disemua bagian, baik pada saat pembakaran maupun pada saat pendinginan. Walaupun tungku telah dimatikan, panas

yang sangat tinggi akan tetap bertahan dalam beberapa jam. Jangan membuka tungku atau menyentuh apapun sampai tungku benar-banar dingin.

- Kacamata gelap digunakan ketika kita melihat ke lubang pengintai. Hal ini dilakukan untuk menghindarkan mata dari radiasi panas. Kacamata pelindung juga memudahkan melihat *cone* maupun benda bakaran secara lebih jelas.

Tungku sebaiknya berada di luar ruangan atau memiliki akses langsung ke luar ruang. Setiap pembakaran akan melepaskan gas-gas yang berpotensi membuat iritasi pada tubuh, kadang-kadang beracun dan dapat mematikan jika tidak mengikuti langakah-langkah keamanan yang benar.

- Ventilasi ruangan, aliran pembuangan harus dipasang secara benar. Ikuti petunjuk pabrik dan gunakan semua peralatan berlisensi (SNI).
- Selalu nyalakan kipas penyedot pada saluran pembuangan tungku untuk menghindari paparan debu glasir.

2) Gas Buang padaTungku Gas

Gas yang dilepaskan oleh pembakaran dapat menyebabkan masalah pernafasan. Hal itu akan meningkat ketika kita melakukan pembakaran reduksi dan pembakaran garam. Gas yang harus mendapat perhatian:

- Karbon dioksida (CO_2)yang berlebihan menyebabkan kadar oksigen darah turun, penurunan pendengaran, denyut nadi, dan peningkatan tekanan darah
- Karbon monoksida (CO) yang dilepaskan saat pembakaran reduksi. Ini menyebabkan sakit kepala, pusing, kelelahan, dan mengantuk. Karbon monoksida dapat mematikan.
- Sulfur dioksida (SO_2)yang dilepaskan ketika pembakaran garam meyebabkan iritasi paru-paru.

3) Keamanan Tungku secara umum

- Jauhkan dari jangkauan anak.
- Jangan mengoperasikan tungku di tempat basah.
- Jangan membuka tutup/pintu tungku saat beroperasi.
- Jangan membuka tungku saat benda masih panas.
- Jangan meletakkan apapun di dekat tungku setidaknya 1 ft (30 cm). Jangan meletakkan apapun di atas tungku.

- Tungku harus dioperasikan sesuai instruksi pabrik.
- Jangan memasang atau mencabut steker tungku kecuali tungku dalam keadaan *off*. Susun dan bongkar benda ke/dari tungku dalam kondisi tungku *off*.
- Untuk penggunaan tungku bekas, hubungi produsen untuk petunjuk instalasi.
- Apabila api mati, segera tutup aliran gas. Buka pintu tungku dan biarkan gas keluar dan terbuang. Jangan menyalakan tungku, jika gas belum habis terbuang.

(http://pottery.about.com/od/safetyinceramics/tp/kilnsafe.htm)

E. Rangkuman

Tungku pembakaran yang sering digunakan pada saat ini adalah tungku gas dan tungku listrik. Tungku gas relatif murah dan efisien dibandingkan tungku jenis lainnya. Tungku gas dapat diatur atmosfer pembakarannya: oksidasi atau reduksi. Tungku listrik sangat cocok untuk pembelajaran dan eksperimen. Tungku listrik mudah dioperasikan karena tungku ini dilengkapi dengan peralatan pendukung seperti pirometer, termokopel yang menyatu; mikrokomputer pemrogram. Atmosfer pembakarannya netral sehingga memungkinkan hasil pembakarannya memiliki keseragaman yang sama.

Tungku harus dipelihara secara berkala karena dapat memperlambat kerusakan, mempertahankan fungsi, menjaga keawetan dan keamanan.

F. Penilaian

b) Penilaain Sikap

Instrumen pengamatan/observasi

Instrumen disiplin

Nama : ____________________

Kelas : ____________________

No	Aspek yang Dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Ruang bakar di dalam tungku dibersihkan				
2.	Langkah-langkah kerja dilakukan secara urut				
3.	Mencatat secara ajeg trayek pembakaran				
4.	Mengenakan pakaian kerja				
5.	Mengenakan sarung api saat berkerja dengan panas tinggi				
6.	Mengenakan kacamata pelingung saat melihat kondisi dalam tungku				
7.	Membereskan pekerjaan				
8.	Membersihkan dan menyimpan peralatan pada tempatnya				
	Jumlah				

Rubrik penilaian.

Skor	Rubrik
4	Apabila **selalu** melakukan aspek yang dinilai
3	Apabila **sering** melakukan aspek yang dinilai
2	Apabila **kadang-kadang** melakukan aspek yang dinilai
1	Apabila **tidak pernah** melakukan aspek yang dinilai

Pedoman penilaian

Skor maksimal : (8 x 4) = 32

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

Instrumen sikap: peduli terhadap keselamatan dan kesehatan kerja

Nama : ____________________
Kelas : ____________________

Aktivitas Peserta didik
Peserta didik melakukan praktik pengoperasian tungku pembakaran di bengkel/studio keramik menggunakan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja sesuai prosedur.

Lembar Observasi

No	Aspek yang Dinilai	Skor (1-4)			
		1	2	3	4
1.	Menggunakan pakaian kerja selama bekerja di bengkel/studio				
2.	Menggunakan masker ketika mengerjakan pekerjaan yang membahayakan pernafasan seperti kondisi: berdebu, berasap, berbau				
3.	Menyimpan bahan pada tempatnya				
4.	Mengelola sisa bahan dengan benar				
5.	Tidak makan dan minum selama bekerja mengolah tanah liat				
6.	Tidak menggunakan perangkat HP atau sejenisnya sewaktu bekerja mengolah tanah liat.				
7.	Mengenakan kacamata pelindung saat melihat ke dalam tungku melalui *spy hole*				
8.	Mengenakan sarung tangan anti panas saat mengangkat benda dalam keadaan panas				
	Jumlah skor				

Rubrik penilaian

Skor	Rubrik
4	Apabila **selalu** melakukan aspek yang dinilai
3	Apabila **sering** melakukan aspek yang dinilai
2	Apabila **kadang-kadang** melakukan aspek yang dinilai
1	Apabila **tidak pernah** melakukan aspek yang dinilai

Pedoman penilaian

Skor maksimal : (8 x 4) = 32

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

c) Penilaian Pengetahuan

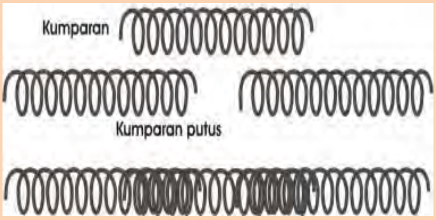
Nama : ____________________
Kelas : ____________________

Jawablah dengan jelas!

1. Jelaskan prosedur penyusunan dan pembakaran dengan tungku gas secara singkat!
2. Jelaskan bagian-bagian tungku listrik!
3. Bagaimana cara menyambung kumparan yang putus pada tungku listrik? Lengkapi dengan ilustrasi!
4. Pada sebuah praktik pembakaran, hasilnya ternyata kurang menggembirakan karena banyak benda retak atau meledak. Menurut Anda apa penyebabnya?
5. Bagaimana solusi yang Anda tawarkan bila banyak benda retak/pecah sewaktu dibakar?

Kunci jawaban

No Soal	Kunci Jawaban	Deskriptor	Skor
1	Lihat. Prosedur penyusunan dan pembakaran dengan tungku gas.	Apabila jawaban runtut, lengkap, dan benar	4
		Apabila jawaban runtut, benar, tapi kurang lengkap	3
		Apabila jawaban kurang runtut tapi cukup lengkap	2
		Apabila jawaban tidak runtut dan tidak lengkap	1
2	• *Vent*, lubang pada bagian atas tungku yang berfungsi untuk keluarnya uap air pada saat proses pembakaran berlangsung. • *Pirometer*, alat pengukur tinggi temperatur bakar di dalam ruang pembakaran. • *Termokopel*, alat yang berfungsi untuk memancarkan informasi temperatur ruang tungku pembakaran ke pirometer. • *Element*, kumparan untuk menghaliskan panas pada tungku pembakaran • *Spy hole*, lubang untuk mengintai pancang suhu yang terpasnga dalam ruang tungku pembakaran • *Safety interlock*, pengaman pintu tungku pembakaran untuk mencegah pintu terbuka selama proses pembakaran. • *Fire brick*, bata tahan api yang berfungsi sebagai isolasi panas yang efektif dan aman. • *Heat input control*, pengendali temperatur selama proses pembakaran berlangsung. • *Indicator light*, lampu indikator yang menunjukkan ada tidaknya aliran listrik yang masuk. • *Heat fuse*, alat untuk mencegah tungku pembakaran dari pembakaran yang terlalu tinggi.	Apabila 6 atau lebih jawaban disebutkan dengan benar	4
		Apabila 4-5 jawaban disebutkan dengan benar	3
		Apabila 3 jawaban disebutkan dengan benar	2
		Apabila 2 atau kurang jawaban disebutkan dengan benar	1

<table>
<tr><th>No Soal</th><th>Kunci Jawaban</th><th>Deskriptor</th><th>Skor</th></tr>
<tr><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">Kumparan yang putus disambung dengan cara menambahkan kumparan yang memiliki diameter kumparan dan diameter kumparan yang sama, Hal ini harus dilakukan dalam keadaan tungku mati (tidak ada aliran listrik).

</td><td>Apabila jawaban dan ilustrasi benar</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Apabila jawaban benar ilustrasi kurang tepat</td><td>3</td></tr>
<tr><td>Apabila jawaban benar ilustrasi salah atau sebaliknya</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Apabila jawaban salah</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">Benda pecah, retak atau bahkan meledak hal ini disebabkan:
a. Pengeringan tidak sempurna.
b. Adanya ketidakrataan dalam ketebalan badan benda.
c. Terdapat gelembung udara di dalam badan benda.
d. Pembakaran terlalu cepat.</td><td>Apabila 4 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Apabila 3 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>3</td></tr>
<tr><td>Apabila 2 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Apabila 1 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">5.</td><td rowspan="4">Penanggulangan kesalahan pada tahap pembakaran
a. Pastikan dalam penyiapan tanah terutama pada waktu pengulian betul-betul padat, juga pada waktu pembentukan atau penyambungan pastikan tidak terdapat gelembung udara.
b. Dinding/badan benda yang terlalu tebal perlu dikerok/ditipiskan.
c. Benda dikeringkan lebih lama sebelum dibakar kemudian dibakar pelan (pre heating) agak lama.
d. Upayakan pembakaran benda secara perlahan-lahan sampai mencapai suhu 200^{o}C dan 600^{o}C.</td><td>Apabila 4 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Apabila 3 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>3</td></tr>
<tr><td>Apabila 2 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Apabila 1 jawaban disebutkan dengan benar</td><td>1</td></tr>
</table>

Pedoman Penilaian

Skor maksimal : (5 x 4) = 20

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

d) Penilaian Keterampilan

Tes Projek

Soal:

Operasikan tungku gas skala berkelompok dengan pembagian tugas: membersihkan tungku sebelum digunakan, menyiapkan perlengkapan tungku, *loading* (menyusun) benda ke dalam tungku, menghidupkan api, membuat trayek pembakaran, dan membongkar tungku setelah dingin.

Instrumen observasi keterampilan
Pengoperasian tungku pembakaran

No	Aspek yang dinilai	Skor			
		1	2	3	4
1.	Perlengkapan pribadi untuk keperluan perlindungan kerja dipilih, dikenakan, dan digunakan dengan benar				
2.	Termokopel dan *thermocontrol/pirometer* dipasang dan dinyalakan sesuai prosedur.				
3.	Pancang (cone) dipilih sesuai dengan rencana suhu bakar dan dipasang pada posisi lubang intip (*spy hole*).				
4.	*Burner* dinyalakan.				
5.	Formulir trayek bakar diisi sesuai dengan prosedur.				
6.	Masukan panas dari *burner* dikontrol sesuai dengan trayek bakar tahap *preheating* atau *water smoking*.				
7.	Suhu panas di dalam ruang bakar dikontrol melalui termokopel atau gejala fisik/pancang suhu.				

No	Aspek yang dinilai	Skor			
		1	2	3	4
8.	Formulir trayek bakar diisi sesuai dengan prosedur.				
9.	Proses pembakaran (oksidasi atau reduksi) terus dikontrol.				
10.	Masukan panas dari *burner* dikontrol sesuai dengan trayek bakar tahap inversi kwarsa dan *burning out*.				
11.	Suhu panas di dalam ruang bakar dikontrol melalui termokopel atau gejala fisik.				
12.	Masukan panas dari *burner* dikontrol sesuai dengan trayek bakar tahap vitrifikasi baik untuk lempung atau pun glasir .				
13.	Proses *soaking* (menahan suhu panas di dalam agar rata) dilakukan sesuai dengan rencana dalam trayek bakar dengan mengontrol masukan panas dari *burner*.				
14.	Titik matang lempung atau glasir dikenali berdasarkan pancang (*cone*) yang telah dipasang.				
15.	Jika pembakaran telah mencapai suhu matang dan *soaking* sesuai dengan trayek dalam rencana bakar *burner* dimatikan.				
16.	Bukaan gas ditutup dan termokopel dimatikan.				
17.	Pemasangan *damper*.				

Rubrik Penilaian.

Aspek 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, dan 12.

Skor	Rubrik
4	Apabila **selalu** melakukan aspek yang dinilai
3	Apabila **sering** melakukan aspek yang dinilai
2	Apabila **kadang-kadang** melakukan aspek yang dinilai
1	Apabila **tidak pernah** melakukan aspek yang dinilai

Aspek 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, dan 19.

2. Termokopel dan *thermocontrol/pirometer* dipasang dan dinyalakan.
   4 Cara memasang dan menyalakan termokopel tepat
   3 Cara memasang dan menyalakan termokopel kurang tepat
   2 Cara memasang dan menyalakan termokopel tidak tepat
   1 Cara memasang dan menyalakan termokopel salah dan membahayakan

3. Pancang (cone) dipilih sesuai dengan rencana suhu bakar dan dipasang pada posisi lubang intip (spy hole).
   4 Jenis pancang dan posisi pemasangan tepat
   3 Jenis pancang dan posisi pemasangan kurang tepat
   2 Jenis pancang yang dipilih kurang tepat pemasangan tepat begitu pula sebaliknya.
   1 Jenis dan posisi pemasangan kurang tepat.

4 *Burner* dinyalakan.
   4 *Burner* dinyalakan dengan tepat
   3 *Burner* dinyalakan dengan kurang tepat
   2 *Burner* dinyalakan dengan tidak tepat tepat
   1 *Burner* dinyalakan dengan salah/membahayakan

5 Formulir trayek bakar diisi sesuai dengan prosedur.
   4 Formulir trayek bakar diisi sesuai dengan prosedur dan ajeg/periodic
   3 Formulir trayek bakar diisi sesuai dengan prosedur tetapi tidak ajeg.
   2 Formulir trayek bakar diisi tidak sesuai prosedur
   1 Formulir tidak diisi.

13 Proses *soaking* (menahan suhu panas di dalam agar rata) dilakukan sesuai dengan rencana dalam trayek bakar dengan mengontrol masukan panas dari burner.
   4 Proses *soaking* sesuai dengan rencana dalam trayek
   3 Proses *soaking* kurang sesuai dengan rencana dalam trayek.
   2 Proses *soaking* tidak sesuai dengan rencana dalam trayek
   1 Proses *soaking* tidak dilakukan

14 Titik matang lempung atau glasir dikenali berdasarkan pancang (*cone*) yang telah dipasang
   4 Pembacaan pancang suhu sebagai penanda kematangan sangat sesuai
   3 Pembacaan pancang suhu sebagai penanda kematangan terlambat/kelebihan suhu
   2 Pembacaan pancang suhu sebagai penanda kematangan kurang/belum matang
   1 Pembacaan pancang suhu sebagai penanda kematangan sangat berlebih/sangat kurang

15 Jika pembakaran telah mencapai suhu matang dan *soaking* sesuai dengan trayek dalam rencana bakar burner dimatikan.
   4 *Burner* dimatikan dengan tepat
   3 *Burner* dimatikan dengan kurang tepat
   2 *Burner* dimatikan dengan tidak tepat tepat
   1 *Burner* dimatikan dengan salah/membahayakan

16 Bukaan gas ditutup dan termokopel dimatikan.
   4 Bukaan gas ditutup dan termokopel dimatikan dengan tepat
   3 Bukaan gas ditutup dan termokopel dimatikan dengan kurang tepat
   2 Bukaan gas ditutup dan termokopel dimatikan dengan tidak tepat.
   1 Bukaan gas ditutup dan termokopel dimatikan dengan salah.

17 Pemasangan *damper*.
   4 Pemasangan *damper* tepat
   3 Pemasangan *damper* kurang tepat
   2 Pemasangan *damper* tidak tepat
   1 Pemasangan *damper* salah

Pedoman Penilaian

Skor maksimal : (17 x 4) = 68

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 10$$

G. Refleksi

Anda telah mempelajari unit 5. Sekarang lakukan refleksi terhadap apa yang telah Anda pelajari dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini:

1. Manfaat apa yang Anda peroleh setelah mempelajari unit ini?
2. Apakah yang akan Anda lakukan untuk memperluas pengetahuan Anda tentang pembakaran benda keramik?
3. Manfaat apa yang Anda peroleh setelah Anda melakukan praktek pengoperasian tungku?
4. Apakah yang akan Anda lakukan untuk memperdalam kompetensi unit ini?
5. Sikap positif apa yang Anda rasakan setelah mempelajari unit ini?
6. Bagaimana Anda akan berbagi pengetahuan dengan teman dan orang lain setelah mempelajari unit ini?

H. Referensi

……………1998. *Clay, Glazes, Kilns, Machenery and Equipment*. England: Pot Clay Ltd.

……………..*Tungku dan Pembakaran*. Bandung: Balai Besar Keramik.

Ambar Astuti, Dra., MA. 1997. *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Cosentino, Peter. 1998. *The Encyclopedia of Pottery Techniques*. London: Quatro Publishing plc.

Chavaria, Joaquim. 1991. *Ceramics Class-Glazing Techniques*. New York: Watson Guptill Publicatins.

Hammer, Frank and Janet. 1986. *The Potters Dictionary of Materials and Techniques*. London: A & C Black.

Jones, Melanie. 1994. *Pottery: A Step by Step Guide to the Craft of Pottery*. London: Merehurst limited.

Nelson, G.C., (1984) *Ceramics: A Potter Handbook*. New York CBS College Publishing.

PT. Prasidha. 1992/1993. *Keterampilan Kerajinan Keramik*. Jakarta: Depdikbud, Dikdasmen, Dit. Dikmenjur.

Rhodes, Daniel. 1968. *Kilns, Design, Construction and Operation*. New York: Pitman Publishing.

Taufiq Ekoyanto. 2011. Tanah Gerabah Kasongan: Pengembangan Pembelajaran Kriya Keramik di SMK. Yogyakarta: Studio Keramik Publishing.

Wahyu Gatot Budiyanto. 2008. Buku Sekolah Elektronik: Kriya Keramik. Jakarta: Depdiknas.

Zakin, Richard. 1981. *Electric Kiln Ceramics-A Potter's Guide to Clay and Glazes*. Pennsylvania: Chilton Book Company.

KEMENTERIAN PEMDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN
20013